



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR - TE 141599

**PENERAPAN SISTEM KOOPERATIF UNTUK
MONITORING LEVEL CADANGAN BAHAN BAKAR
PADA SISTEM DISTRIBUSI BAHAN BAKAR CERDAS**

Bambang Aria Yudhistira
NRP 07111440000134

Dosen Pembimbing
Dr. Ir. Endroyono, DEA
Ir. Gatot Kusrahardjo, MT.

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
Fakultas Teknologi Elektro
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018

[Halaman ini sengaja dikosongkan]



FINAL PROJECT - TE 141599

**APPLICATION OF COOPERATIVE SYSTEM FOR
MONITORING FUEL RESERVE LEVEL ON
INTELLIGENT FUEL DISTRIBUTION SYSTEM**

Bambang Aria Yudhistira
NRP 07111440000134

Supervisor
Dr. Ir. Endroyono, DEA
Ir. Gatot Kusrahardjo, MT.

DEPARTMENT OF ELECTRICAL ENGINEERING
Faculty of Electrical Technology
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan tugas akhir saya dengan judul **“Penerapan Sistem Kooperatif untuk Monitoring Level Cadangan Bahan Bakar pada Sistem Distribusi Bahan Bakar Cerdas”** adalah benar-benar hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diizinkan dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri.

Semua referensi yang dikutip maupun dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka.

Apabila ternyata pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Surabaya, Juni 2018



Bambang Aria Yudhistira
NRP. 07111440000134

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

**PENERAPAN SISTEM KOOPERATIF UNTUK MONITORING
LEVEL CADANGAN BAHAN BAKAR PADA SISTEM
DISTRIBUSI BAHAN BAKAR CERDAS**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Guna Memenuhi Sebagian Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada**

**Bidang Studi Telekomunikasi Multimedia
Departemen Teknik Elektro
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

Menyetujui :

Dosen Pembimbing I,

Dosen Pembimbing II,

**Dr. Ir. Endroyono, DEA
NIP. 196504041991021001**

**Ir. Gatot Kusrahardjo, MT.
NIP. 195904281986011001**

SURABAYA

JULI, 2018

**DEPARTEMEN
TEKNIK ELEKTRO**

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

PENERAPAN SISTEM KOOPERATIF UNTUK MONITORING LEVEL CADANGAN BAHAN BAKAR PADA SISTEM DISTRIBUSI BAHAN BAKAR CERDAS

Bambang Aria Yudhistira
07111440000134

Dosen Pembimbing I : Dr. Ir. Endroyono, DEA
Dosen Pembimbing II : Ir. Gatot Kusrahardjo, MT.

ABSTRAK

Bahan bakar didistribusikan dari pusat penyimpanan bahan bakar ke stasiun pengisian bahan bakar yang ada di beberapa tempat. Saat ini, sistem distribusi bahan bakar dari pusat penyimpanan bahan bakar ke beberapa stasiun pengisian bahan bakar masih memperkerjakan manusia dengan cara mengirim permintaan secara manual untuk pengiriman bahan bakar dari pusat penyimpanan bahan bakar ke SPBU. Sehingga, sistem pendistribusian bahan bakar secara manual membuat pengiriman bahan bakar pada menjadi terlambat. Bahan bakar pada tangki pendam SPBU menjadi kosong saat terdapat pelanggan yang membeli bahan bakar. Dalam hal ini diperlukan sistem monitoring secara terpusat agar sistem distribusi bahan bakar menjadi lebih efisien dengan memanfaatkan teknologi *IoT*. Sistem monitoring secara terpusat membutuhkan sistem komunikasi untuk mengatur lalu lintas paket data. Menggunakan sistem komunikasi point to point maupun sistem komunikasi berjaringan. Dalam rencana tugas akhir ini akan dievaluasi sistem komunikasi untuk SPBU berbasis sistem komunikasi kooperatif. Evaluasi sistem kooperatif akan dilakukan dengan simulasi menggunakan NS2 serta pengukuran jarak transmisi secara langsung menggunakan perangkat LoRa Dragino. Dari hasil simulasi sistem kooperatif menggunakan *simulator* NS2 didapatkan bahwa *packet error rate* sebesar 14,08%, *throughput* sebesar 70 kbps dan *delay* transmisi rata-rata kurang dari 500 ms. Sedangkan hasil pengukuran secara langsung didapatkan saat transmisi sejauh 3 km dengan nilai parameter *spreading factor* sebesar 12.

Kata Kunci: Monitoring cadangan bahan bakar, Sistem Komunikasi Kooperatif, *IoT*.

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

APPLICATION OF COOPERATIVE SYSTEM FOR MONITORING FUEL RESERVE LEVEL ON INTELLIGENT FUEL DISTRIBUTION SYSTEM

Bambang Aria Yudhistira
07111440000134

Supervisor I : Dr. Ir. Endroyono, DEA
Supervisor II : Ir. Gatot Kusrahardjo, MT.

ABSTRACT

The fuel is distributed from the fuel storage center to the existing refueling stations. Currently, the fuel distribution system from the fuel storage center to several refueling stations still uses a manual way by send a requests for fuel deliveries from fuel storage centers. Thus, the fuel distribution system is less efficient because the fuel reserves are checked manually by human. In this case a centralized monitoring system is required to make the fuel distribution system more efficient by utilizing IoT technology. A centralized monitoring system requires a communication system to manage packet traffic. By using point to point communication system or network communication system. In this final project plan will be evaluated communication system for SPBU based on cooperative communication system. The evaluation of the cooperative system will be done by simulation using NS2 as well as real measurement of transmission distance using LoRa Dragino devices. Simulation result of cooperative system using NS2 simulator got that packet error rate equal to 14,08%, throughput equal to 70 kbps and transmission delay average less than 500 ms. The results of the measurement is obtained direct transmission distance of 3 km with spreading factor parameters of 12.

Keyword : Reserve fuel monitoring, cooperative communication system, IoT

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji syukur penulis ucapkan kehadirat Illahi Rabbi, Allah SWT atas segenap karunia-Nya yang tak terhitung jumlahnya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan buku Tugas Akhir dengan judul **“Penerapan Sistem Kooperatif untuk Monitoring Level Cadangan Bahan Bakar pada Sistem Distribusi Bahan Bakar Cerdas”**. Tugas akhir merupakan salah satu syarat yang harus dipenuhi untuk menyelesaikan program studi Strata-1 pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini adalah bagian dari proses pematangan kapasitas akademik dalam banyak hal.

Pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terimakasih dan penghargaan setinggi-tingginya kepada :

1. Ayah, Ibu, serta segenap keluarga dan kerabat yang selalu memberikan dukungan, semangat, dan doa kepada penulis.
2. Bapak Dr. Ir. Endroyono, DEA dan Ir. Gatot Kusrahardjo, MT. selaku Dosen Pembimbing atas arahan dan bimbingannya selama pengerjaan tugas akhir ini.
3. Bapak Dr. Ir. Endroyono, DEA selaku Koordinator Bidang Studi Telekomunikasi Multimedia Jurusan T. Elektro ITS.
4. Bapak Dr. Ardyono Priyadi, ST. M.Eng selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro ITS.
5. Bapak dan Ibu dosen Jurusan Teknik Elektro khususnya bidang studi Telekomunikasi Multimedia. Semoga menjadi ilmu yang bermanfaat dan barokah.
6. Kawan-kawan seperjuangan S1 angkatan 2014.
7. Wildan dan Suki yang selalu siap menunggu laptop setiap aktivitas pengukuran.

Penulis menyadari bahwa dalam tugas akhir ini masih belum sempurna. Semoga ketidak sempurnaan itu menjadi celah untuk proses belajar dan pengembangan rancangan kedepannya. Semoga Tugas Akhir ini bisa menjadi bahan referensi dan memberikan manfaat bagi pengembangan dunia telekomunikasi.

Surabaya, Mei 2018

Penulis

Halaman ini sengaja dikosongkan]

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PERNYATAAN KEASLIAN.....	v
LEMBAR PENGESAHAN	Error! Bookmark not defined.ii
ABSTRAK.....	x
ABSTRACT	xii
KATA PENGANTAR	xiv
DAFTAR ISI	xvi
DAFTAR GAMBAR	xx
DAFTAR TABEL	xxii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan.....	2
1.4 Metodologi.....	2
1.5 Sistematika Pembahasan	3
1.6 Relevansi	4
BAB 2 TEORI PENUNJANG DAN TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Internet of Things	5
2.2 IoT dalam Migas.....	5
2.3 Topologi Jaringan Telekomunikasi dan Sistem Komunikasi Kooperatif.....	6
2.4 NS2 Program yang Menjalankan Simulasi Protokol Komunikasi Kooperatif.....	6
2.5 <i>Delay</i>	8
2.5.1 <i>Processsing Delay</i>	8
2.5.2 <i>Transmission Delay</i>	8
2.5.3 <i>Propagation delay</i>	8
2.6 <i>Throughput</i>	8
2.7 <i>Packet Error Rate</i>	9
2.8 Antena.....	9
2.8.1 Antena Helix	9
2.9 <i>Link Budget</i>	11
2.9.1 <i>Pathloss</i>	11
2.9.2 Okumura Hata Path Loss	11
2.10 Protokol Komunikasi	13
2.10.1 Lapisan OSI.....	13
2.10.2 Sistem Komunikasi Kooperatif	13
2.11 LoRaWAN	15

2.11.1	Format Data pada Layer <i>physical</i>	16
2.11.2	Format Data pada Layer <i>Data link</i> atau <i>MAC</i>	16
2.11.3	Chirp Spreading Spectrum.....	19
2.12	802.11b.....	20
2.13	LoRa Dragino.....	22
2.13.1	LoRa Dragino Gateway	23
2.13.2	Dragino LoRa Shield	23
2.13.3	Spesifikasi Pin pada Dragino LoRa Shield	24
2.14	Arduino Uno R3	26
2.15	Sensor ultrasonik.....	28
2.16	Konversi Kode ASCII Ke Bentuk Kode Biner.....	29
BAB 3 Perancangan Sistem Monitoring Bahan Bakar Berbasis IoT dan Sistem Komunikasi Kooperatif		31
3.1	Rencana Percobaan Sistem Menggunakan Software NS2 dan Perangkat Hardware LoRa Dragino	31
3.2	Diagram Alir Percobaan <i>Hardware</i>	31
3.3	Perhitungan Pathloss	35
3.4	Mapping Sample <i>Node</i> Secara Real	35
3.5	Konfigurasi Sistem <i>Hardware</i>	38
3.6	Parameter Input Interface Hardware	41
3.7	Percobaan Pengukuran Jarak Komunikasi	41
3.7	Diagram Alir Simulasi NS2	42
3.8	Simulasi Sistem Komunikasi Kooperatif Menggunakan Software NS2 Bedasarkan Spesifikasi Perangkat LoRa.....	43
3.9	Data Parameter Input Pada Simulasi NS2.....	44
3.9.1	Ukuran Paket	45
3.9.2	<i>Bit Rate</i>	47
3.10	Skema Simulasi Sistem Komunikasi Kooperatif.....	47
3.10.1	Sistem Komunikasi Kooperatif pada area 1.....	48
3.10.2	Sistem Komunikasi Kooperatif pada area 2.....	48
3.10.3	Sistem Komunikasi Kooperatif pada area 3.....	49
3.11	Efisiensi Penggunaan Kapasitas Payload	50
BAB 4 Hasil Percobaan dan Analisa		51
4.1	Hasil Output Percobaan Hardware LoRa	51
4.1.1	Hasil Pengukuran Medan Dekat	51
4.1.2	Hasil Pengukuran Percobaan	52
4.2	Hasil Simulasi NS2.....	56
4.2.1	<i>Throughput</i>	56
4.2.1.1	<i>Throughput Rata Rata Bit Data Seluruh Node</i>	56

4.2.2	<i>Delay</i>	58
4.2.3	<i>Packet Error Rate</i>	66
BAB V	Penutup	67
5.1	Kesimpulan	67
5.2	Saran	67
DAFTAR PUSTAKA	.....	69
LAMPIRAN 1	.....	71
LAMPIRAN 2	.....	72
BIODATA PENULIS	.....	99

Halaman ini sengaja dikosongkan]

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Alur Pengiriman Data.....	5
Gambar 2.2	Sistem Komunikasi Multihop yang diterapkan pada SPBU.....	7
Gambar 2.3	Model Jaringan Sistem Kooperatif.....	7
Gambar 2.4	Bentuk antena helix.....	10
Gambar 2.5	Pola radiasi antena helix mode normal.....	10
Gambar 2.6	Skema sistem komunikasi kooperatif.....	14
Gambar 2.7	Format pesan LoRa pada layer physical.....	16
Gambar 2.8	Format Pesan Pada Layer Data link LoRa.....	17
Gambar 2.9	Chirp Spreading spectrum.....	19
Gambar 2.10	Format Long PLCP PPDU.....	22
Gambar 2.11	Format Short PLCP PPDU.....	22
Gambar 2.12	LoRa Dragino Gateway.....	23
Gambar 2.13	LoRa Dragino Shield.....	24
Gambar 2.14	Pin Analog Dragino LoRa Shield.....	24
Gambar 2.15	Pin Digital Dragino LoRa Shield.....	25
Gambar 2.16	Pin Power Dragino LoRa Shield.....	25
Gambar 2.17	Pin serial, NC,IOREF,RST,AREF.....	26
Gambar 2.18	Arduino uno R3.....	27
Gambar 2.19	Cara kerja sensor ultrasonic.....	28
Gambar 3.1	Diagram Alir 1 Percobaan Hardware.....	32
Gambar 3.1	Diagram Alir 1 Percobaan Hardware (lanjutan).....	33
Gambar 3.1	Diagram Alir 1 Percobaan Hardware (lanjutan).....	34
Gambar 3.2	Jarak transmisi sinyal node dengan jarak 1 km	36
Gambar 3.3	Jarak transmisi sinyal node dengan jarak 2 km	36
Gambar 3.4	Jarak transmisi sinyal node dengan jarak 3 km	37
Gambar 3.5	Jarak transmisi sinyal node dengan jarak 4 km	37
Gambar 3.6	Alur pengiriman data pada node pengirim.....	38
Gambar 3.7	Konfigurasi perangkat pada node pengirim.....	39
Gambar 3.8	Alur pemrosesan data pada relay.....	39
Gambar 3.9	konfigurasi perangkat pada node relay.....	40
Gambar 3.10	Alur proses data di node penerima.....	40
Gambar 3.11	Konfigurasi perangkat di node penerima.....	40

Gambar 3.12	Ilustrasi percobaan dengan jarak 1 km,2 km dan 3 km.....	42
Gambar 3.13	Diagram Alir Simulasi NS2.....	42
Gambar 3.13	Diagram Alir Simulasi NS2 (lanjutan).....	43
Gambar 3.14	Mapping Node Berdasarkan Letak Pombensin Dengan Jarak Transmisi 3 km.....	44
Gambar 3.15	Ilustrasi pembagian area.....	47
Gambar 3.16	Skema komunikasi data pada area 1.....	48
Gambar 3.17	Skema komunikasi data pada area 2.....	49
Gambar 3.18	Skema komunikasi data pada area 3.....	49
Gambar 4.1	Hasil output pengukuran medan dekat.....	51
Gambar 4.2	Grafik Pengaruh Spreading factor terhadap nilai RSSI dengan Bandwidth 125 kHz dan daya transmit 14dBmW.....	52
Gambar 4.3	Perbandingan hasil pengukuran dengan perhitungan secara teori menggunakan persamaan Okumura Hata.....	56
Gambar 4.4	Grafik rata rata throughput dalam waktu 1200 detik.....	57
Gambar 4.5	Throughput data yang diterima pada pusat monitoring selama 1200 detik.....	58
Gambar 4.6	Grafik Propagasi Area 1.....	60
Gambar 4.7	Grafik Propagasi Area 2.....	62
Gambar 4.8	Grafik Propagasi Area 3.....	64

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Spesifikasi dari interface LoRaWAN.....	15
Tabel 2.1	Spesifikasi dari interface LoRaWAN (lanjutan)	16
Tabel 2.2	Spesifikasi DataRate Berdasarkan Konfigurasi Spreadingn factor dan bandwidth.....	18
Tabel 2.3	Spesifikasi Kapasitas Payload Maksimal Berdasarkan Datarate.....	18
Tabel 2.4	Blok data SERVICE 802.11b.....	21
Tabel 2.5	Spesifikasi Arduino Uno R3.....	27
Tabel 3.1	Perhitungan <i>pathloss</i>	35
Tabel 3.2	Parameter Input Program Arduino.....	43
Tabel 3.3	Parameter input pada NS2.....	44
Tabel 3.4	Ukuran data yang dikirim.....	46
Tabel 4.1	Hasil Pengukuran medan dekat Antena Perangkat pengirim	52
Tabel 4.2	Hasil Pengukuran Secara Riil dengan nilai spreading factor sebesar 12.....	53
Tabel 4.3	Hasil Pengukuran Secara Riil dengan nilai spreading factor sebesar 7.....	53
Tabel 4.4	Hasil Pengukuran Secara Riil dengan nilai spreading factor sebesar 8.....	53
Tabel 4.5	Hasil Pengukuran Secara Riil dengan nilai spreading factor sebesar 9.....	54
Tabel 4.6	Hasil Pengukuran Secara Riil dengan nilai spreading factor sebesar 10.....	54
Tabel 4.7	Hasil Pengukuran Secara Riil dengan nilai spreading factor sebesar 12.....	55
Tabel 4.8	<i>Packet error rate</i> dengan nilai spreading factor sebesar 12.....	56
Tabel 4.9	<i>Delay</i> propagasi pada Area 1.....	59
Tabel 4.9	<i>Delay</i> propagasi pada Area 1 (lanjutan)	60
Tabel 4.10	<i>Delay</i> propagasi pada Area 2.....	61
Tabel 4.11	<i>Delay</i> propagasi pada Area 3.....	62
Tabel 4.11	<i>Delay</i> propagasi pada Area 3 (lanjutan)	63
Tabel 4.12	<i>Delay</i> proses pengiriman melalui beberapa <i>relay</i> ...	65
Tabel 4.12	<i>Delay</i> proses pengiriman melalui beberapa <i>relay</i> (lanjutan)	66

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Bahan bakar didistribusikan dari pusat penyimpanan bahan bakar ke stasiun pengisian bahan bakar yang ada di beberapa tempat. Saat ini, sistem distribusi bahan bakar dari pusat penyimpanan bahan bakar ke beberapa stasiun pengisian bahan bakar masih menggunakan cara yang masih manual dengan mempekerjakan manusia sebagai operator yang mengirim permintaan untuk pengiriman bahan bakar dari pusat penyimpanan bahan bakar. Hal ini membuat bahan bakar yang ada pada tangka pendam kosong saat terdapat pelamnggan yang akan membeli bahan bakar pada SPBU. Dalam menyelesaikan persoalan ini diperlukan sistem monitoring secara terpusat agar sistem distribusi bahan bakar menjadi lebih efisien dengan memanfaatkan teknologi *IoT*.

Teknologi Internet of Things memungkinkan manusia dapat melakukan kegiatan controlling dan monitoring suatu perangkat dari jarak jauh dengan menggunakan teknologi berbasis *IP* termasuk untuk monitoring level bahan bakar di SPBU secara terpusat melalui jaringan yang ada pada internet. Dengan teknologi Internet of Things yang menggunakan jaringan internet sebagai media akses paket data maka level bahan bakar yang ada pada beberapa titik SPBU dapat diketahui dari jarak yang jauh dan dapat dilakukan secara terpusat. Data yang didapatkan dari sensor level bahan bakar dari beberapa titik SPBU dapat dimonitor dari pusat monitoring.

Dalam hal ini sistem monitoring secara terpusat membutuhkan sistem komunikasi dari point to point maupun sistem komunikasi berjaringan. Dalam sistem komunikasi point to point komunikasi dilakukan antar dua *node* secara bergantian dalam hal ini jarak antar *node* untuk melakukan komunikasi point to point memengaruhi daya yang dikeluarkan untuk mengirim sinyal ke penerima semakin jauh jarak antar *node* maka daya yang dibutuhkan untuk mengirim sinyal semakin besar. Hal tersebut dapat diatasi dengan komunikasi berjaringan dimana *node* pengirim mengirimkan sinyal ke *node* penerima melewati beberapa *node* lain yang berfungsi sebagai relay agar sinyal dapat sampai pada *node* penerima.

1.2 Rumusan Masalah

Teknologi komunikasi yang digunakan saat ini masih menggunakan sistem komunikasi point to point dimana *node* pengirim dan *node* penerima berkomunikasi secara langsung tanpa perantara. Dalam hal ini metode sistem komunikasi point to point memiliki kekurangan dalam efisiensi energi karena semakin jauh jarak antar *node* maka semakin besar energi yang dibutuhkan untuk mengirimkan sinyal dari *node* pengirim ke *node* penerima. Efisiensi energi dalam memancarkan sinyal dari *node* pengirim ke *node* penerima dibutuhkan agar konsumsi energi dalam menjalani sistem telekomunikasi tidak besar. Sistem komunikasi kooperatif dimana *node* pengirim yang mengirim paket data dapat menggunakan *node* relay sebagai repeater untuk mengirim pesan kembali ke *node* penerima sehingga energi yang dibutuhkan dalam melakukan transmisi menjadi efisien. Dalam sistem komunikasi kooperatif, jarak komunikasi dari *node* pengirim ke *node* penerima semakin berkurang dengan bantuan *node* relay sehingga energi yang dibutuhkan untuk mengirim paket data semakin sedikit. Dengan melakukan simulasi sistem kooperatif menggunakan NS2 dapat dievaluasi kinerja dari sistem komunikasi kooperatif yang akan diimplementasikan pada sistem monitoring level bahan bakar yang dilakukan secara terpusat. Dalam hal ini akan dilakukan evaluasi sistem komunikasi kooperatif dalam hal symbol error rate berdasarkan fungsi jarak, kapasitas kanal dan *delay* transmisi

1.3 Tujuan

1. Merancang dan Mengimplementasikan sistem komunikasi kooperatif untuk monitoring bahan bakar pada sistem distribusi bahan bakar cerdas
2. Mengevaluasi kinerja sistem komunikasi kooperatif untuk monitoring bahan bakar pada sistem distribusi bahan bakar cerdas.

1.4 Metodologi

Metodologi yang digunakan dalam tugas akhir ini terdiri dari beberapa tahap sebagai berikut:

1. Studi Literatur

Mempelajari sistem komunikasi kooperatif yang digunakan dalam teknologi IoT dapat diterapkan pada bidang migas. Dalam hal ini

teknologi IoT dimanfaatkan untuk mengukur volume bahan bakar pada SPBU lalu server SPBU dapat mengirimkan ke server pusat informasi untuk dimonitor. Pengiriman data dari masing masing server ke server pusat informasi memerlukan permodelan jaringan yang optimal menggunakan sistem komunikasi kooperatif. Dalam hal ini program NS2 digunakan untuk mensimulasikan permodelan jaringan sistem kooperatif tersebut.

2. Simulasi

Dengan permodelan berdasarkan protokol sistem komunikasi kooperatif maka akan dibuat simulasi menggunakan software simulasi NS-2. Dengan input data berupa *node* berjumlah 8 *node*, input data yang dikirim, gain antenna, bandwidth dan lain lain. Serta melakukan simulasi secara nyata menggunakan perangkat LoRaWAN untuk mengetahui hasil pengamatan dilapangan.

3. Analisa Data

Prosedur yang akan dilakukan setelah simulasi telah selesai dilakukan maka akan dilakukan analisa terhadap data data yang telah didapat. Akan dianalisa hasil dari penggunaan protokol yang ada pada sistem komunikasi kooperatif berdasarkan daya yang digunakan pada *symbol error rate* berdasarkan fungsi jarak, kapasitas kanal dan *delay* transmisi.

4. Kesimpulan

Pada akhir penelitian akan ditarik kesimpulan berdasarkan analisa yang telah dilakukan.

1.5 Sistematika Pembahasan

Pembahasan dalam tugas akhir ini akan dibagi dalam lima bab dengan sistematika sebagai berikut:

Bab I Pendahuluan

Pada bab ini dijelaskan mengenai latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, metodologi, sistematika pembahasan dan relevansi.

Bab II Teori Penunjang dan Daftar Pustaka

Pada bab ini dijelaskan mengenai tinjauan pustaka mengenai *IoT*, *IoT* dalam migas, Sistem komunikasi

kooperatif, dan LoRaWAN baik dari sisi konsep secara umum, komponennya maupun tahapan untuk pembangunan sistem monitoring bahan bakar cerdas berbasis sistem komunikasi kooperatif.

Bab III Perancangan Sistem Monitoring Bahan Bakar Berbasis *IoT* dan Sistem Komunikasi Kooperatif

Pada bab ini dijelaskan hal-hal dan data-data yang berkaitan secara langsung dengan perancangan sistem monitoring bahan bakar yang akan dibuat.

Bab IV Hasil Percobaan dan Analisa

Bab ini berisi pengolahan data perancangan dari sistem monitoring bahan bakar cerdas berbasis *IoT* dan sistem komunikasi kooperatif yang dibangun dimana data yang didapat dianalisis untuk memudahkan menarik kesimpulan.

Bab V Kesimpulan dan Saran

Pada bab ini berisi kesimpulan dan saran.

1.6 Relevansi

Penelitian diharapkan dapat memberikan manfaat, yaitu:

1. Menjadi referensi yang dapat menunjang industri telekomunikasi terutama yang berhubungan dengan bidang *Internet of things* dan sistem telekomunikasi kooperatif
2. Menjadi referensi bagi mahasiswa yang akan mengerjakan penelitian dengan topic *Internet of things* dan sistem komunikasi kooperatif

BAB 2

TEORI PENUNJANG DAN TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Internet of Things

IoT[1] merupakan standar teknologi telekomunikasi dimana semua benda/device yang ada di sekitar ruang lingkup manusia dapat saling mengirim data satu sama lain tanpa adanya campur tangan dari manusia. Teknologi IoT dalam implementasinya menggunakan jaringan internet sebagai media untuk melakukan pertukaran data antara satu perangkat dengan perangkat lainnya menggunakan protokol internet. Hal ini membuat obyek benda/device dapat saling mengirimkan data tanpa dibatasi oleh jarak

Alur pengiriman data pada teknologi IoT dapat dilihat pada Gambar 2.1 yang menggambarkan bahwa konsep Internet of Things merupakan teknologi yang menawarkan kemudahan dan kenyamanan bagi penggunaanya dalam mengakses informasi dari suatu objek dapat dilakukan oleh kita dari mana saja dan kapan saja.



Gambar 2.1 Alur Pengiriman data

Teknologi IoT dapat diterapkan diberbagai bidang pekerjaan yang melibatkan aktifitas *monitoring* dan *controlling* .Salah Contoh pekerjaan yang melibatkan aktifitas *monitoring* dan *controlling* yaitu pada bidang migas kita dapat mengukur level cadangan bahan bakar pada suatu tangki, Mengukur tekanan gas, dan mengetahui letak kebocoran pada pipa gas.

Selain dalam bidang pekerjaan IoT dapat diimplementasikan dalam kehidupan didalam rumah contohnya untuk menyalakan lampu rumah melalui jaringan internet, mengukur kelembapan didalam rumah, mengunci serta membuka pintu rumah melaluai jaringan internet dan lain lain.

2.2 Penggunaan IoT dalam Distribusi Bahan Bakar

Saat ini, distribusi bahan bakar dari pusat penyimpanan bahan bakar ke SPBU masih dilakukan dengan cara yang manual. Pekerja yang

ada pada SPBU memeriksa sisa cadangan bahan bakar yang ada pada tangki pendam setelah itu membuat laporan sisa volume bahan bakar. Saat sisa cadangan bahan bakar sudah berada dibatas tertentu, pekerja pada SPBU akan melakukan permintaan pengiriman bahan bakar dari pusat penyimpanan bahan bakar. Namun, distribusi bahan bakar menjadi kurang efisien akibat pemeriksaan volume cadangan bahan bakar secara manual.[2]

Salah satu solusi dalam mengatasi problem tersebut dengan pemanfaatan teknologi IoT pada bidang migas yaitu dalam sistem monitoring bahan bakar cerdas. Dalam sistem ini, sisa cadangan bahan bakar yang diukur menggunakan sensor level untuk mengetahui sisa volume bahan bakar yang masih tersedia didalam tangki pendam yang berisi cadangan bahan bakar. Data yang didapat dari sensor level bahan bakar dikirimkan secara nirkabel dari perangkat komunikasi yang ada pada stasiun pengisian bahan bakar ke pusat monitoring bahan bakar.

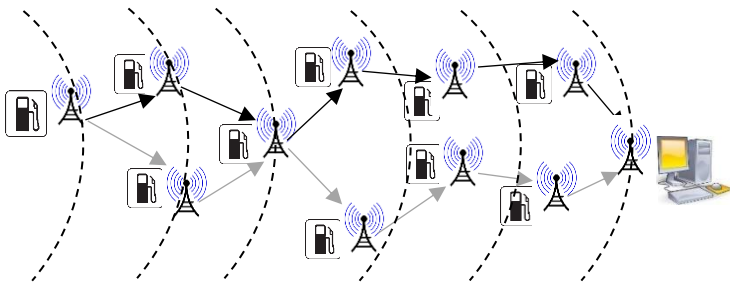
2.3 Topologi Jaringan Telekomunikasi dan Sistem Komunikasi Kooperatif

Jaringan telekomunikasi memiliki berbagai macam bentuk jaringan untuk menunjang komunikasi antar perangkat. Bentuk topologi jaringan yang ada dalam telekomunikasi yaitu *ring*, *bus*, *star*, *mesh* dan *tree*. Dalam implementasi telekomunikasi sehari-hari topologi star yang umum digunakan dalam topologi jaringan pada saat ini. Dalam hal ini topologi star, mesh, ring, bus dan tree menggunakan sistem komunikasi secara langsung antar perangkat pengirim dan penerima. Dalam hal ini faktor pengaruh jarak antar perangkat komunikasi mempengaruhi penggunaan energi, semakin jauh jarak komunikasi maka semakin besar energi yang digunakan. Maka untuk mengatasi hal tersebut terdapat sistem komunikasi kooperatif dimana dalam sistem ini perangkat komunikasi dapat mengirimkan data ke perangkat lain yang sejenis untuk meneruskan ke perangkat komunikasi yang menjadi perangkat penerima. Sehingga penggunaan energi untuk mengirim data dari perangkat pengirim ke perangkat penerima menjadi semakin sedikit karena dibantu oleh perangkat yang menjadi relay komunikasi antara perangkat pemgirim dan perangkat penerima[3].

2.4 NS2 Program yang Menjalankan Simulasi Protokol Komunikasi Kooperatif

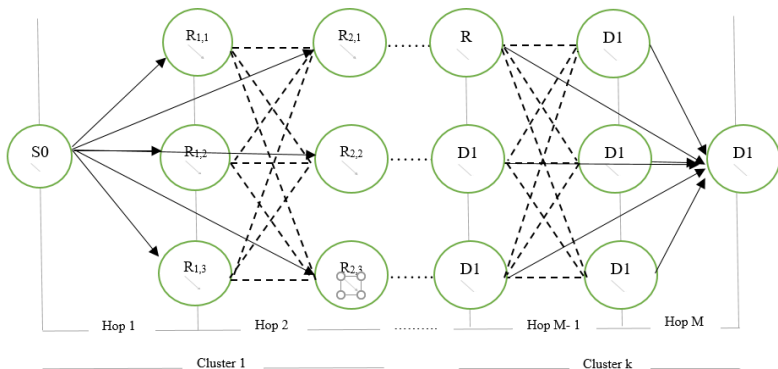
Dalam memvisualisasikan permodelan sistem komunikasi kooperatif akan dilakukan simulasi dengan skema komunikasi perangkat seperti pada gambar 2.2 dan 2.3. Simulasi menggunakan program NS2 dilakukan dengan data yang dimasukkan berupa bentuk jaringan komunikasi yang telah ditentukan, ukuran paket data yang dikirim, jarak antar *node*, *node* pengirim dan *node* penerima.

a. Gambar bentuk jaringan migas



Gambar 2.2 Sistem Komunikasi Kooperatif yang diterapkan pada SPBU

b. Jaringan yang direncanakan



Gambar 2.3 Model Jaringan Sistem Kooperatif

2.5 *Delay*

Delay [4] adalah suatu peristiwa waktu tunda yang terjadi pada suatu proses transmisi data dari node pengirim ke node penerima. *Delay* memiliki jenis yang berbeda beda dalam suatu sistem telekomunikasi yang dilihat waktu *delay* rata rata dan *delay* maksimal. Berikut adalah macam macam *delay* yang ada pada suatu jaringan telekomunikasi.

2.5.1 *Processing Delay*

Processing Delay yang disebabkan oleh waktu yang diperlukan untuk proses pembentukan paket dari informasi user. *Delay* ini hanya terjadi sekali, yaitu pada saat pembentukan paket pada *transmitter* yang akan mengirim data ke *receiver*.

2.5.2 *Transmission Delay*

Transmission Delay adalah waktu yang diperlukan sebuah paket data untuk melintasi suatu media. *Transmission delay* ditentukan oleh kecepatan media dan besar paket data. Dapat dikatakan bahwa *delay* transmisi adalah *delay* keseluruhan sistem saat data dikirim dari satu *node* pengirim ke *node* penerima melalui beberapa *node relay* atau *router*.

2.5.3 *Propagation delay*

Propagation delay adalah waktu yang diperlukan oleh suatu perangkat jaringan saat suatu jaringan melakukan pengiriman data dari *node* pengirim ke *node* penerima/*node relay*.

2.6 *Throughput*

Throughput [5] adalah kecepatan *download/downlink* aktual dari proses transmisi data yang terjadi antara perangkat pengirim dengan perangkat penerima dimana perangkat penerima melakukan *download* data dari pengirim. Nilai *Throughput* dari aktifitas transfer data yang dilakukan oleh kedua perangkat yaitu jumlah data yang dikirim dalam waktu tertentu dibagi waktu yang dibutuhkan untuk melakukan transmisi data. Sehingga satuan dari *Throughput* adalah bit per sekon untuk perhitungan data transfer berupa bit data biner sedangkan untuk perhitungan data berupa paket maka satuan dari *Throughput* adalah paket per sekon.

Dalam sistem komunikasi kooperatif dimana *node* pengirim melewati beberapa *node* relay yang menghubungkan komunikasi antara perangkat pengirim ke perangkat penerima. Maka Throughput data yang ada merupakan perhitungan Throughput total dari Throughput yang ada pada perangkat penerima dan throughput yang ada pada sistem komunikasi kooperatif merupakan throughput beberapa relay yang menghubungkan komunikasi antara perangkat pengirim dan penerima.

2.7 Packet Error Rate

PER[6] adalah suatu nilai yang merupakan prosentase dari paket data yang gagal dikirim dalam suatu aktifitas transmisi data dalam kurun waktu tertentu. Nilai prosentase dari *Packet error rate* didapatkan dari jumlah bit data yang gagal diterima oleh *receiver* dibagi jumlah data yang dikirimkan oleh *transmitter*. Nilai packet error rate

2.8 Antena

Antena [7] adalah alat yang digunakan untuk mengubah energi listrik menjadi gelombang radio dimana gelombang yang dihasilkan merambat melalui suatu medium tertentu. Sebuah antena merupakan salah satu bagian penting dari suatu pemancar atau penerima yang berfungsi untuk menyalurkan sinyal radio ke udara. Bentuk antena bermacam macam sesuai dengan desain, pola penyebaran dan frekuensi dan gain. Panjang fisik suatu antena secara efektif merupakan panjang gelombang dari frekuensi radio yang dipancarkan oleh perangkat telekomunikasi.

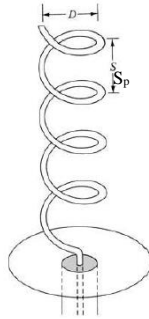
2.8.1 Antena Helix

Antena Helix [8] merupakan salah satu jenis antena yang memiliki bentuk fisik yang membentuk *loop* yang berulang atau mirip seperti kumparan, gambar antena helix dapat dilihat pada gambar 2.4. Dalam hal ini antena helix memiliki gain yang tinggi sehingga memiliki jangkauan transmisi sinyal yang jauh. Antena Helix merupakan bentuk turunan dari antena *monopole* atau antena *dipole*, namun dapat diartikan sebaliknya yaitu antena *dipole* atau *monopole* merupakan turunan dari antena helix. Bentuk antena helix yang menyerupai kumparan dapat dihitung panjang fisik total kawat menggunakan persamaan 2.1 dibawah ini.

$$L = N * S_p [8] \quad (2.1)$$

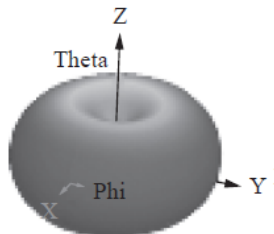
Keterangan:

- N adalah jumlah kumparan/*loop* antenna helix
- S_p adalah jarak antar kumparan pada antenna helix
- L adalah total panjang fisik antenna helix



Gambar 2.4 Bentuk antenna helix [8]

Bedasarkan pola radiasi, antenna helix dibagi menjadi antenna helix dengan mode normal dan antenna helix mode axial. Pola radiasi antenna helix dengan mode normal maka pola radiasi berbentuk seperti donat dapat dilihat pada gambar 2.5 dengan radiasi yang melebar ke samping atau disebut sebagai antenna *broadside* dengan ciri ciri nilai diameter *loop* antenna helix jauh lebih kecil dari panjang gelombang dari sinyal yang keluar dari antenna.



Gambar 2.5 Pola radiasi antenna helix mode normal [8]

2.9 Link Budget

Link budget adalah suatu perhitungan yang digunakan untuk mengetahui kemampuan suatu perangkat pengirim dan penerima dalam melakukan komunikasi. Dalam hal ini kemampuan yang disebutkan sebelumnya yaitu kemampuan jarak komunikasi yang memungkinkan antar dua perangkat. Faktor faktor yang memengaruhi jarak komunikasi yang efektif yang dilakukan dua perangkat yaitu daya pancar perangkat. Persamaan link budget dapat dilihat pada persamaan 2.2 berikut.

$$RP \text{ (dB)} = TP \text{ (dB)} + \text{Gain(dB)} - \text{Loss(dB)} \text{ [9]} \quad (2.2)$$

Keterangan:

RP = Daya yang sampai pada perangkat penerima (dB)

TP = Daya yang digunakan untuk memancarkan sinyal dari perangkat pengirim (dB)

Gain = Penguatan pada perangkat pengirim dan penerima (dB)

Loss = Atenuasi yang disebabkan oleh media transmisi (dB)

2.9.1 Pathloss

Pathloss adalah nilai redam sinyal yang disebabkan oleh media propagasi, cuaca, banyaknya dinding penghalang/membuat sinyal terpantul dan lain-lain, agar tidak mengganggu pemancaran antar 2 buah antenna yang saling melakukan aktivitas komunikasi. Nilai *pathloss* menunjukkan level sinyal yang melemah (mengalami attenuation) yang disebabkan oleh propagasi pada suatu medium seperti refleksi, difraksi, dan scattering. Path loss sangat penting dalam perhitungan Link Budget, ukuran cell, ataupun perencanaan frekuensi. faktor-faktor yang mempengaruhi nilai level daya dan pathloss adalah jarak pengukuran antara Tx dan Rx, tinggi antena (Tx dan Rx), serta jenis area pengukuran.

2.9.2 Okumura Hata Path Loss

Okumura Hata [9] merupakan model persamaan loss saat suatu perangkat mengirim data ke perangkat penerima dengan media propagasi yang melewati suatu kondisi area tertentu seperti area terbuka lapang, pedesaan, perkotaan, dan kota besar. Dalam hal ini persamaan untuk

menghitung pathloss pada model okumura hata terdapat 3 macam kondisi yaitu saat berada di area Urban, area suburban dan area rural atau openarea dengan persyaratan frekuensi yang digunakan antara 150-1500 MHz, Jarak komunikasi antar perangkat yaitu 1 – 20 KM dengan tinggi antenna pengirim sebesar 1 m – 10 m dan antenna penerima sebesar 30 m – 200 m atau sebaliknya. Model persamaan okumura hata yaitu sebagai berikut:

- Area Urban [9]

$$Lu = 69.5 + 26.16 \log_{10}(f) - 13.82 \log_{10}(hB) - CH + [44.9 - 6.55 \log_{10}(hB)] * \log_{10}(d) \quad [9] \quad (2.3)$$

- Kondisi medium city

$$CH = 0.8 + (26.16 \log_{10}(f) - 0.7) * hM - 1.56 \log_{10}(f) \quad (2.4)$$

- Kondisi large city

$$CH = \begin{cases} 8.29(\log_{10}(1.54hM))^2 - 1.1 & \text{untuk frekuensi 150 MHz – 200 MHz} \\ 3.2(\log_{10}(11.75hM))^2 - 1.1 & \text{untuk frekuensi 200MHz – 1500 MHz} \end{cases} \quad (2.5)$$

$$\quad (2.6)$$

- Area Suburban [9]

$$Lsu = Lu - 2(\log_{10}(f/28))^2 - 5.4 \quad (2.7)$$

- Area Rural [9]

$$Lo = Lu - 4.78(\log_{10}(f))^2 + 18.33 \log_{10}(f) - 40.94 \quad (2.8)$$

Keterangan :

Lu = Path loss area urban (dB)

Lsu = Path loss area suburban (dB)

Lo = Path loss area Rural (dB)

hB = tinggi antenna penerima (m)

hM = tinggi antenna pengirim (m)

f = Frekuensi (MHz)

CH = faktor koreksi antenna

d = Jarak transmisi (km).

2.10 Protokol Komunikasi

Dalam sistem telekomunikasi agar dapat terjadinya komunikasi antara perangkat pengirim dengan perangkat penerima maka dibutuhkan protokol komunikasi. Protokol komunikasi adalah suatu tahapan tahapan yang dilakukan oleh sistem komunikasi untuk melakukan pengiriman dan penerimaan data antara dua perangkat dalam suatu jaringan. Dalam suatu jaringan dua perangkat yang melakukan komunikasi bisa saja memiliki format data yang berbeda sehingga protokol dapat mensinkronkan perbedaan format pada dua perangkat tersebut sehingga dapat melakukan pertukaran data.

2.10.1 Lapisan OSI

Standar protokol yang ada pada sistem telekomunikasi yaitu OSI (*Open System Interconnection*) yang dibuat oleh organisasi dunia yang bernama ISO (International for Standardization Organization). OSI mengidentifikasi semua proses yang dibutuhkan untuk melakukan komunikasi dan membaginya ke dalam kelompok secara logika yang disebut layer. Dalam lapisan OSI terdiri dari tujuh lapisan yang secara umum terbagi dalam dua kelompok, yakni *Upper layer (Application Layer)* dan *Lower layer (Data Transport Layer)*. Layer yang tergolong dalam *upper layer* mendefinisikan bagaimana aplikasi pada sebuah perangkat akan berkomunikasi dengan perangkat lainnya. Sedangkan *lower layer* mendefinisikan proses pengiriman data dari satu perangkat ke perangkat lainnya.

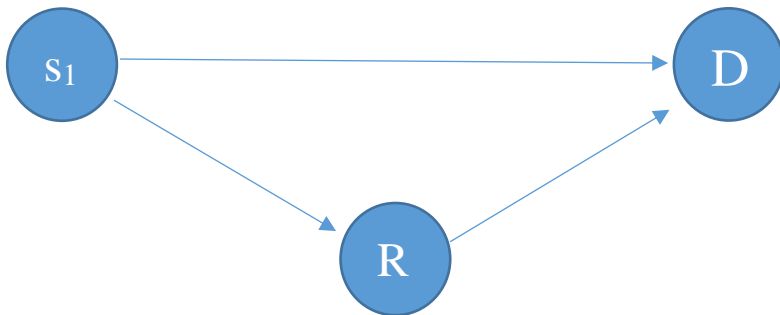
2.10.2 Sistem Komunikasi Kooperatif

Sistem komunikasi kooperatif [10] merupakan protokol yang berisi aturan tentang sistem komunikasi suatu device yang menggunakan relay sebagai perangkat yang melanjutkan pengiriman data ke *end device*. Dalam hal ini perangkat berupa relay yang menghubungkan komunikasi dua buah perangkat juga melakukan komunikasi ke perangkat lain atau dengan kata lain relay ini juga melakukan pengiriman paket data disaat yang sama saat perangkat relay tersebut berperan sebagai relay untuk perangkat yang lain. Dalam hal ini dalam proses relaying yang dilakukan pada sistem komunikasi kooperatif dibagi menjadi dua macam yaitu *amplify and forward* dan *decode and forward*. Protokol sistem komunikasi kooperatif terdapat beberapa tahapan dalam mengirim data

yang dilakukan menggunakan perangkat lain sebagai relai yang menghubungkan komunikasi data dengan perangkat penerima.

Berikut pada gambar 2.6 terdapat 3 node dalam sistem komunikasi yang menggunakan sistem komunikasi kooperatif. Pertama *node* pengirim berupa node S_1 akan mengirim data ke semua *node* relai R yang terdapat dalam satu komunikasi yang dapat dijangkau oleh *node* yang lain. Hal tersebut dapat dilihat pada gambar 2.6 dapat dilihat bahwa node S_1 mengirim data ke node lain dan node destinasi yaitu node D. Kemudian node R mengirim pesan yang didapat dari node S_1 dan pesan yang dari node R itu sendiri.

Dalam hal ini sistem komunikasi kooperatif menimbulkan efek *delay* yang diakibatkan jumlah relay yang digunakan oleh sistem tersebut untuk mengirim data dari perangkat pengirim ke perangkat penerima. Semakin banyak jumlah relay maka semakin besar *delay* untuk data terkirim dari perangkat pengirim ke perangkat penerima. Hal ini disebabkan karena saat perangkat pengirim mengirimkan bit data ke perangkat penerima melalui beberapa relay, terdapat *delay* yang diakibatkan oleh proses decoding pada perangkat relay yang kemudian dilakukan proses paketisasi kembali dengan bit data yang akan dikirimkan oleh relay tersebut. Lalu baru dikirimkan kembali ke node yang menjadi tujuan pengiriman data dari node pengirim



Gambar 2.6 Skema sistem komunikasi kooperatif [11]

2.10.2.1 Protokol Relay Decode and Forward

Protokol relay decode-and-forward [12] adalah protokol yang didefinisikan untuk komunikasi kooperatif nirkabel. Contoh dari jaringan komunikasi nirkabel di mana kerjasama meningkatkan kinerja sistem adalah jaringan relai. Relai menerjemahkan dan mengkode ulang sinyal yang diterima, lalu meneruskannya ke tujuan. Proses decoding dalam hal ini terdapat dua macam yaitu pengodean secara keseluruhan dan pengkodean persymbol. Ketika modulasi uncoded digunakan protokol ini juga dikenal sebagai Decode and forward sebagai proses relay adalah deteksi sinyal. Protokol decode and forward memiliki kelebihan dalam mengurangi efek noise adiktif yang terdapat pada relai, hal ini disebabkan oleh proses decode pada relai dan kemudian dikodekan kembali saat relai mengirim ke *node* selanjutnya. Sehingga hasil pengiriman kembali dalam bentuk sinyal yang baru dengan konten data yang sama ditambah dengan data yang berasal dari relai tersebut.

2.11 LoRaWAN

LoRaWAN [13] merupakan salah satu interface telekomunikasi dalam IoT yang memiliki standar protokol LoRaWAN tersendiri pada teknologi IoT untuk melakukan komunikasi antar perangkat *end node* dengan *gateway*. Berdasarkan OSI layer, protokol LoRaWAN menghubungkan komunikasi dari layer *physical* hingga layer *Network* pada OSI layer. LoRaWAN merupakan salah satu standar sistem telekomunikasi yang dapat mengirim data dengan data rate yang rendah serta kemampuan transmisi data dengan jarak tempuh yang jauh serta konsumsi energi yang kecil. Spesifikasi dari interface LoRaWAN dapat dilihat pada tabel 2.1. LoRa merupakan standar telekomunikasi yang menggunakan *chirp spread spectrum modulation* yaitu teknik yang digunakan pada sistem komunikasi yang menggunakan frekuensi pita lebar dengan modulasi sinyal menggunakan *linear modulated chirp* untuk melakukan pengkodean pada suatu kanal.

Tabel 2.1 Spesifikasi dari interface LoRaWAN

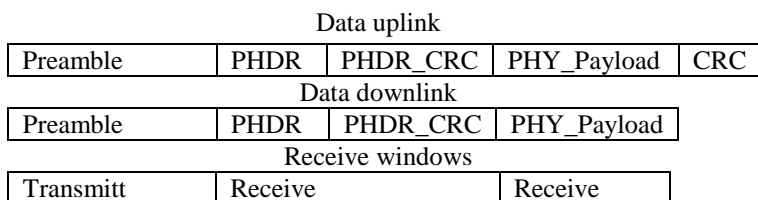
Karakteristik	LoRaWAN
Topologi	Star on Star
Modulasi	Chirp Spreading Spectrum (CSS)
Data Rate	Up to 300Kbps
Link Budget	168 dB

Tabel 2.1 Spesifikasi dari interface LoRaWAN (lanjutan)

Karakteristik	LoRaWAN
Daya Pacar	14 dBm
Frekuensi	868 MHz ,915 MHz, 433 MHz
Sensitifitas	-148 dBmW
Jarak Pancar	2-5 km urban
	15 km suburban
	45 km rural

2.11.1 Format Data pada Layer *physical*

Berikut adalah format dari pesan yang dikirim dan diterima oleh perangkat dengan interface LoRa pada layer *physical* [14]. Istilah yang ada pada gambar 2.7 yaitu preamble merupakan kata sinkronisasi yang digunakan untuk memberikan kepastian bahwa data yang diterima oleh receiver berasal dari transmitter yang memang dikonfigurasi untuk sebagai kata sinkronisasi komunikasi antar perangkat komunikasi yang berisi data sebesar 32 bit. PHDR adalah header untuk paket data fisik dalam hal ini header pada layer fisik jika digunakan maka ukuran bit data dalam header sebesar 20 bit. PHDR_CRC adalah *check redundance cycle* untuk cek PHDR benar atau tidak dalam hal ini CRC memiliki ukuran bit sebesar 16 bit. PHY_Payload adalah Payload fisik yang berupa data dari sensor, cryptografi, MAC Command, dan lain lain.



Gambar 2.7 Format pesan LoRa pada layer *physical*

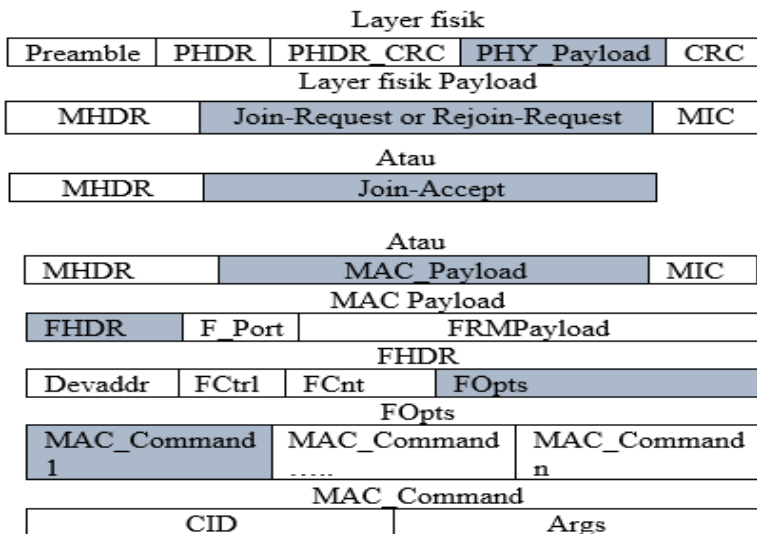
2.11.2 Format Data pada Layer *Data link* atau *MAC*

Pada layer datalink atau MAC standar interface LoRa terdapat format pesan yang berisi bit data yang seluruhnya merupakan isi dari blok PHY_Payload pada layer fisik [14]. Berikut merupakan format dari pesan pada layer MAC Pada gambar 2.8 terdapat beberapa istilah. Pertama adalah MHDR atau disebut sebagai MAC Header yang berisi data sebanyak 1 byte atau 8 bit yang berisi data Mtype, RFU dan Major.

Selanjutnya terdapat blok MAC Payload yang berisi bit data frame yang berisi Frame header, F_Port dan FRMPayload.

MIC adalah Massage Integrity Code dimana MIC merupakan isi code untuk keamanan pesan sebanyak 32 bit. FHDR adalah Frame Header dimana ini adalah header untuk data frame yang berisi data maksimal antara 64 bit dan 176 bit atau setara dengan 8 byte hingga 22 byte yang berisi bit data yang terbagi menjadi beberapa blok yaitu Devaddr, FCtrl, FCnt, FOpts.

Dalam hal ini DEVaddr berisi bit data alamat dari perangkat *end device* sejumlah 32 bit, FCtrl berisi bit informasi data untuk kendali frame sejumlah 8 bit dan FCnt berisi bit data frame counter yang digunakan untuk menghitung frame data yang terkirim dalam satu waktu sejumlah 16 bit. FOpts berisi 2 tipe data yaitu data CID dan Arg, CID adalah kode untuk perintah yang dilakukan dalam komunikasi data sedangkan ard adalah isi kode perintah yang dilakukan untuk melakukan komunikasi data. Dalam hal ini FOpts memiliki jumlah data relatif dari nol bit sampai 120 bit dengan ukuran data pada blok CID sebesar satu byte atau delapan bit dan blok Arg memiliki ukuran dari 8 bit hingga empat puluh bit.



Gambar 2.8 Format Pesan Pada Layer Data link LoRa [14]

F_Port berisi kode pesan yang berisi kode port arah port mana yang akan dilewatkan pesan tersebut berisi data sejumlah 8 bit. Selanjutnya yaitu FRMPayload yang berisi bit data yang dikirim sebenarnya yang memiliki maksimal kapasitas yang ditentukan berdasarkan nilai spreading factor dan bandwidth data dalam satu kali pengiriman paket data, dalam hal ini ukuran data dari FRMPayload tidak dapat dipastikan karena berisi bit data pesan yang akan dikirim dengan pembatasan maksimal jumlah bit data yang dikirimkan dipengaruhi oleh bandwidth dan spreading factor. Kapasitas maksimal bit data yang dapat dikirimkan dalam blok FRMPayload dengan frekuensi kerja perangkat sebesar 868 MHz dapat dilihat pada tabel 2.2 dan tabel 2.3 dimana M adalah ukuran maksimal MAC Payload dan N adalah ukuran maksimal FRMPayload.

Tabel 2.2 Spesifikasi DataRate Berdasarkan Konfigurasi Spreadingn factor dan bandwidth [15]

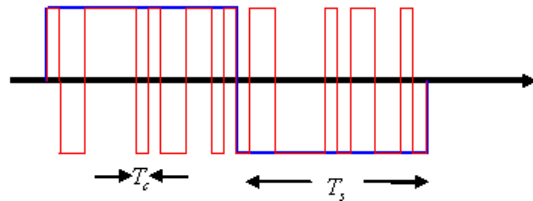
DataRate	Configuration	Indicative physical bit rate [bit/s]
0	LoRa: SF12 / 125 kHz	250
1	LoRa: SF11 / 125 kHz	440
2	LoRa: SF10 / 125 kHz	980
3	LoRa: SF9 / 125 kHz	1760
4	LoRa: SF8 / 125 kHz	3125
5	LoRa: SF7 / 125 kHz	5470
6	LoRa: SF7 / 250 kHz	11000
7	FSK: 50 kbps	50000

Tabel 2.3 Spesifikasi Kapasitas Payload Maksimal Berdasarkan Datarate [15]

DataRate	<i>M (byte)</i>	<i>N (byte)</i>
0	59	51
1	59	51
2	59	51
3	123	115
4	230	222
5	230	222
6	230	222
7	230	222

2.11.3 Chirp Spreading Spectrum

Chirp Spreading Spectrum [16][17] merupakan teknik yang digunakan dalam sistem telekomunikasi untuk mengirim sinyal dari perangkat pengirim dengan cara menyebar sinyal ke seluruh spektrum frekuensi yang ada. Sinyal yang dikirim dalam beberapa bentuk sinyal yang sama berulang dalam satu spektrum frekuensi dapat dilihat pada gambar 2.9



Gambar 2.9 Chirp Spreading spectrum [17]

Dalam teknik *Chirp Spreading Spectrum* penggunaan *spreading factor* yang merupakan nilai konstanta yang menyatakan banyaknya sinyal yang diulang dalam suatu spektrum frekuensi akan menentukan *bandwidth*, *SNR*, dan Jarak komunikasi antar perangkat. Pengaruh *spreading factor* terhadap *bandwidth* adalah saat sinyal dikirim dalam bentuk satu sinyal saja atau dapat dikatakan *spreading factor* sebesar satu akan berbeda dengan pengiriman sinyal yang memiliki *spreading factor* lebih dari satu karena semakin besar *spreading factor* maka semakin banyak sinyal yang dikirim dalam spektrum frekuensi tertentu sehingga *bandwidth* akan semakin sempit akibat semakin banyak sinyal yang dikirimkan.

Selanjutnya pengaruh *spreading factor* terhadap *SNR* yaitu semakin besar nilai *spreading factor* maka akan semakin besar nilai *SNR*. Hal ini dikarenakan pengaruh *noise* terhadap transmisi sinyal semakin kecil akibat pengiriman sinyal yang sama berulang. Semakin banyak sinyal yang dikirim maka akan semakin besar kemungkinan sinyal berhasil diterima semakin besar. Kemudian pengaruh pada jarak transmisi yaitu semakin besar nilai *spreading factor* maka semakin besar jarak transmisi akibat pengiriman sinyal yang sama beberapa kali. Untuk

menghitung panjang satu simbol t_s yang dikirimkan dengan pengaruh spreading factor dapat dilihat pada persamaan 2.9 dibawah ini

$$t_s = \frac{2^{SF}}{B} = \frac{2^{SF}}{f_{max}-f_{min}} [18] \quad (2.9)$$

Dalam menghitung total panjang simbol yang memiliki nilai *spreading factor* S maka total panjang simbol T dapat ditulis dalam persamaan dibawah ini dengan analogi gambar seperti pada gambar 2.10 dengan perhitungan rumus seperti pada persamaan 2.10

$$T = \frac{1}{S} \int T_1 + T_{...} + T_n dt [18] \quad (2.10)$$

Dimana nilai S adalah nilai *spreading factor*, B merupakan nilai *bandwidth* dan f adalah nilai frekuensi. Nilai bit rate R_b dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2.11 dibawah ini

$$R_b = \frac{SF * CR}{t_s} [18] \quad (2.11)$$

Dalam hal ini spreading factor dapat memengaruhi nilai data rate fisik dari sistem komunikasi. Selanjutnya berdasarkan paper yang ditulis oleh Ferran Adelantado yang berjudul *Understanding the Limits of LoRaWAN* nilai spreading factor juga dapat memengaruhi *delay* dari sistem. Selain itu, spreading factor pada modulasi *chirp spreading spectrum* juga memengaruhi maksimum kapasitas bit data yang dapat dikirim dalam satu kali pengiriman paket data.

2.12 802.11b

802.11b [19] merupakan protokol komunikasi yang bekerja pada frekuensi 2,4 GHz dan *datarate* sebesar 11Mbps. Format paket dari 802.11b yaitu diawali dengan *PPDU (Physical Protocol Data Unit)* yaitu total satu paket data dalam protokol 802.11b yang terdapat beberapa blok unit yang berisi bit yang berisi informasi data yang berisi bit data untuk melakukan proses pengiriman data dan informasi bit data murni yang ingin dikirimkan dari perangkat pengirim ke perangkat penerima. Pertama terdapat blok *Physical Convergence Procedure Preamble (PLCP)* yang memiliki jumlah bit sebesar 144 bit untuk format *PLCP PPDU* dengan isi bit dengan *datarate* sebesar 2 Mbps dan jumlah bit sebesar 72 bit untuk

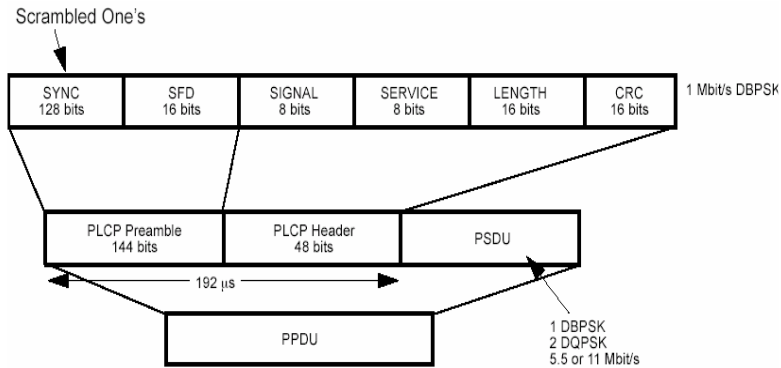
datarate sebesar 1 Mbps. Dalam blok *Physical Convergence Procedure preamble (PLCP)* terdapat blok *synchronization (SYNC)* yang berisi bit informasi agar perangkat receiver dapat melakukan sinkronisasi pada isi paket yang diterima dari perangkat pengirim dan blok *SFD* yang berisi bit informasi untuk mengindikasikan mulainya.

Selanjutnya setelah blok *PLCP (Physical Convergence Procedure) preamble* terdapat blok *PLCP (Physical Convergence Procedure) header* yang memiliki jumlah data sebanyak 48 bit yang terdapat blok data berupa *SIGNAL*, *SERVICE*, *LENGTH* dan *CRC*. Blok *SIGNAL* berisi bit data yang menginformasikan tentang modulasi yang akan digunakan dalam sistem telekomunikasi. Dalam blok *SERVICE* berisi informasi bit tentang layanan seperti locked clock, mod selection bit dan frame check sequence dapat dilihat pada tabel 2.4

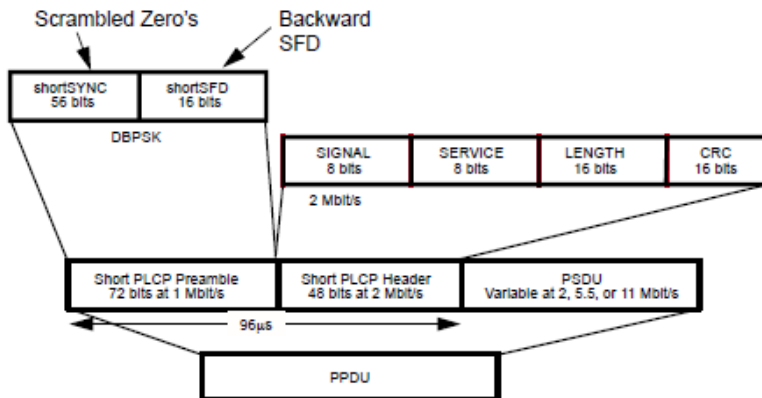
Tabel 2.4 Blok data SERVICE 802.11b [19]

Bit 0	Bit 1	Bit 2	Bit 3	Bit 4	Bit 5	Bit 6	Bit 7
Reserved	Reserved	Locked clocks bit 0 = not 1=locked	Mod. selection bit 0 = CCK 1 = PBCC	Reserved	Reserved	Reserved	Length extension bit

Kemudian pada blok data *LENGTH* berisi tentang bit data yang mengandung informasi seberapa besar waktu yang diperlukan untuk mengirim data *PSDU* dengan jumlah bit sebanyak 16 bit. Setelah itu terdapat blok bit data berupa *Cek Redundance Cycle (CRC)* yang berjumlah 16 bit. Pada blok bit data terakhir yaitu *PLCP service data units (PSDU)* yang berisi bit informasi yang akan dikirimkan ke perangkat penerima dapat dilihat pada gambar 2.10. Dalam hal ini *PSDU* memiliki jumlah bit data dengan data rate sebesar sebanyak 2, 5.5, atau 11 Mbit/s.



Gambar 2.10 Format Long PLCP PPDU [19]



Gambar 2.11 Short PLCP PPDU format [19]

2.13 LoRa Dragino

LoRa dragino merupakan alat komunikasi yang menggunakan standar komunikasi LoRaWAN sebagai *interface* komunikasi. LoRa dragino memungkinkan suatu sistem untuk menjalankan fungsi *IoT*. Struktur komunikasi perangkat LoRa dragino terdapat dua macam perangkat yaitu LoRa dragino *gateway* dan LoRa dragino *end device*. LoRa dragino gateway berfungsi sebagai perangkat yang melakukan

penggabungan data yang akan dikirim ke *interface* selanjutnya atau *end device* lainnya dari beberapa perangkat *end device*.

2.13.1 LoRa Dragino Gateway

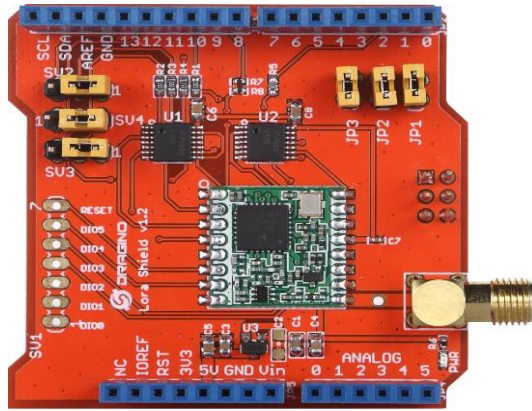
LoRa dragino gateway merupakan alat yang digunakan untuk menggabungkan data yang berasal dari end device ke interface perangkat lain. Koneksi perangkat end device dengan gateway dapat dilakukan secara nirkabel dan dengan kabel. Perangkat gateway digunakan untuk menerima data dari seluruh perangkat end device. Kemudian gateway melakukan paketisasi kembali dengan menggabungkan beberapa data yang berasal dari seluruh perangkat *end device*. Setelah itu, perangkat gateway mengirimkan paket data ke *interface* yang ingin dituju. Bentuk fisik *gateway* dapat dilihat pada gambar 2.12



Gambar 2.12 LoRa Dragino Gateway

2.13.2 Dragino LoRa Shield

Dragino LoRa shield adalah perangkat modul yang digunakan sebagai perangkat yang melakukan komunikasi dalam sistem yang digunakan dalam tugas akhir ini. Dragino LoRa shield akan berintegrasi dengan modul Arduino R3 yang digunakan sebagai mikrokontroler. Dalam modul dragino LoRa shield terdapat chip RF96 yang gunanya adalah sebagai modulator yang ada pada dragino LoRa shield. Bentuk fisik dari dragino LoRa shield dapat dilihat pada gambar 2.13



Gambar 2.13 LoRa Dragino Shield

2.13.3 Spesifikasi Pin pada Dragino LoRa Shield

2.13.3.1 *Pin Analog Dragino LoRa Shield*

Pin Analog pada LoRa adalah pin yang digunakan untuk fungsi menghasilkan output sinyal yang digital serta mendapatkan inputan berupa sinyal digital dan sinyal analog. Umumnya Inputan sinyal yang dapat dibaca oleh microcontroller adalah sinyal yang berupa sinyal digital. Namun pada pin Analog yang terdapat pada arduino uno R3 dan LoRa dragino shield dapat memproses sinyal yang berbentuk sinyal analog. Hal ini dikarenakan pin analog terhubung dengan ADC. ADC merupakan converter yang berfungsi untuk mengubah sinyal analog menjadi sinyal digital yang melalui proses sampling kemudian quantizing dan diakhiri dengan coding. Dalam hal ini dapat dikatakan bahwa pada pin analog memiliki fitur ADC yang melakukan fungsi akusisi data. Dapat dilihat pada gambar 2.14



Gambar 2.14 Pin Analog Dragino LoRa Shield

2.7.1.2 Pin Digital Dragino LoRa Shield

Pin digital pada LoRa dragino shield merupakan pin yang digunakan untuk memproses input sinyal yang berbentuk digital dan mengeluarkan output yang berupa sinyal digital. Dalam hal ini pin digital beberapa pin terhubung dengan PWM seperti pada pin 3,5,6,9,10,11. PWM merupakan teknik modulasi atau teknik modulasi dengan mengubah lebar pulsa (duty cycle) dengan nilai amplitudo dan frekuensi yang tetap. Satu siklus pulsa merupakan kondisi high kemudian berada di zona transisi ke kondisi low. Dapat dikatakan dalam hal ini PWM dapat membuat sinyal output yang dihasilkan dari pin digital menjadi seperti sinyal analog sehingga dapat mengeluarkan output sinyal yang dapat digunakan untuk menjalankan suatu hal yang menggunakan sinyal analog seperti memutar roda, menggerakkan motor servo dan lain-lain. Selanjutnya adalah pin digital pada Lora dragino shield lihat pada gambar 2.15.



Gambar 2.15 Pin Digital Dragino LoRa Shield

2.13.3.2 Pin Power Dragino LoRa Shield

Dalam hal ini 3V3 adalah pin yang memiliki fungsi sebagai sumber tegangan dengan nilai 3.3 Volt. 5V adalah pin yang berfungsi sebagai sumber tegangan 5 Volt. GND adalah pin yang berperan sebagai ground dan Vin berperan sebagai salah satu pin untuk input sumber tegangan. Berikut adalah pin power yang digunakan sebagai sumber tegangan, tegangan input dan ground berdasarkan gambar 2.16



Gambar 2.16 Pin Power Dragino LoRa Shield

2.13.3.3 Pin serial, NC, IOREF, RST, AREF

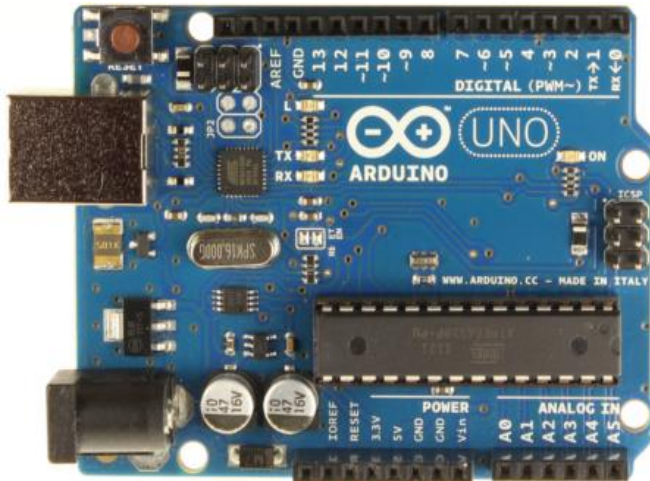
SDA merupakan pin untuk Serial Data yang digunakan untuk komunikasi serial data dengan perangkat lain. SCL adalah Serial Clock yaitu pin untuk menghubungkan pin dengan clock sehingga dapat dikatakan sebagai sumber impulse clock. IORef adalah Input Output Voltage Reference dimana berfungsi sebagai pin yang digunakan untuk memastikan board Arduino menggunakan tegangan sumber 5V atau 3.3V RST adalah pin untuk menghubungkan dengan fungsi reset sehingga dapat menghubungkan fungsi reset dengan perangkat lain.. NC adalah Not Connected dimana pin ini tidak terhubung dengan fungsi manapun. Terakhir adalah Pin yang digunakan untuk referensi, serial data dan clock dapat dilihat pada gambar 2.17



Gambar 2.17 Pin serial, NC, IORE, RST, AREF

2.14 Arduino Uno R3

Arduino Uno R3 adalah papan pengembangan (development board) mikrokontroler yang berbasis chip ATmega328P. Arduino uno R3 disebut sebagai papan pengembangan karena board ini memiliki fungsi sebagai sarana prototyping dari rancangan sirkuit mikrokontroler. Dengan menggunakan papan pengembangan, sirkuit akan lebih mudah dirancang dengan rangkaian elektronika untuk merancang sebuah mikrokontroler. Bentuk fisik dari Arduino Uno R3 dapat dilihat pada gambar 2.18



Gambar 2.18 Arduino uno R3

Untuk spesifikasi pin sama dengan spesifikasi pin yang ada pada dragino LoRa Shield yang sudah dibahas pada subbab 2.7.1. Untuk spesifikasi Arduino dapat dilihat pada tabel 2.5 dibawah ini.

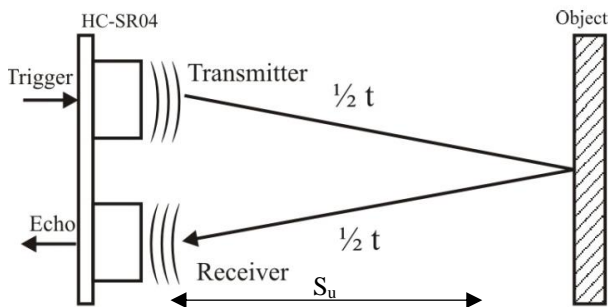
Tabel 2.5 Spesifikasi Arduino Uno R3

Chip mikrokontroller	ATmega328P
Tegangan operasi	5V
Tegangan input (yang direkomendasikan, via jack DC)	7V - 12V
Tegangan input (limit, via jack DC)	6V - 20V
Digital I/O pin	14 buah, 6 diantaranya menyediakan PWM yaitu pada pin 3,5,6,10,11
Arus DC per pin I/O	20 Ma
Arus DC pin 3.3V	50 Ma
Memori Flash	32 KB, 0.5 KB telah digunakan untuk bootloader

2.15 Sensor ultrasonik

Sensor ultrasonic adalah sensor yang memiliki fungsi sebagai alat untuk mengukur jarak dari suatu objek. Dalam hal ini hasil pengukuran jarak yang dilakukan oleh sensor dilanjutkan pada microcontroller. Pada mikrokontroler dilakukan proses matematis dengan persamaan $S_u = t \cdot (340/2)$ [26] dilakukan perhitungan berdasarkan waktu yang dibutuhkan oleh sinyal yang ditransmisikan oleh transmitter untuk kembali dipantulkan kembali oleh receiver. Setelah itu data yang diproses oleh Arduino dikirimkan ke interface LoRa dragino untuk dilakukan proses transmisi data secara nirkabel.

Awal data diakusisi oleh sensor ultrasonik ketika pulsa trigger diberikan pada sensor, transmitter akan mulai memancarkan gelombang ultrasonic dengan frekuensi 40 kHz, pada saat yang sama sensor akan menghasilkan output TTL transisi naik menandakan sensor mulai menghitung waktu pengukuran, setelah receiver menerima 7 pantulan yang dihasilkan oleh suatu objek maka pengukuran waktu akan dihentikan dengan menghasilkan output TTL transisi turun. Jika waktu pengukuran adalah t dan kecepatan suara adalah 340 m/s, maka jarak antara sensor dengan objek dapat dihitung dengan menggunakan persamaan $S_u = t \cdot (340/2)$ dimana S_u adalah jarak dan t adalah waktu tempuh gelombang ultrasonik dari transmitter ke receiver. Prinsip kerja sensor ultrasonik dapat dilihat seperti gambar 2.19



Gambar 2.19 Cara kerja sensor ultrasonik

Sensitifitas dari perangkat sensor yang menggunakan sensor ultrasonik dengan seri perangkat yaitu HC-SR04 didapatkan bahwa sensor bekerja pada jarak 2 Cm hingga 400 Cm.

2.16 Konversi Kode ASCII Ke Bentuk Kode Biner

Kode biner [20] merupakan kode yang berisi dua macam angka yaitu nol dan satu. Kode biner juga dikenal sebagai bahasa biner yang digunakan oleh komputer atau mesin untuk melakukan komunikasi antar bagian dalam komputer atau mesin. Dalam melakukan komputasi menggunakan perangkat berupa komputer, hanya dalam bentuk kode biner saja komputer dapat memproses komputasi. Maka dalam hal ini manusia perlu melakukan konversi bahasa agar pekerjaan manusia yang melibatkan komputasi dapat dilakukan menggunakan perangkat komputer.

Kode ASCII [20] merupakan kode yang digunakan untuk pertukaran informasi dalam dunia telekomunikasi yang merupakan standar amerika. Dalam hal ini kode ASCII digunakan dalam teknologi komputer dan alat komunikasi untuk mengkodekan suatu text atau grafik menjadi bentuk kode biner. Setiap karakter dari kode ASCII memiliki panjang bit sebesar 8 bit. Total dari seluruh kode ASCII dari nol sampai 255 bit. Kode ASCII dari nol sampai 127 merupakan kode ASCII digunakan untuk mengkodekan suatu text sedangkan untuk kode ASCII dari 128 sampai 255 digunakan mengkodekan suatu bentuk grafik.

Untuk mengetahui konversi dari kode ASCII menjadi kode biner maka sudah terdapat ketentuan untuk setiap karakter alphabet, angka dan simbol memiliki bentuk kode binernya masing masing. Maka konversi simbol simbol tersebut menjadi bentuk biner dapat dilihat pada tabel 2.6

Tabel 2.6 Konversi bilangan desimal – biner – okta – hex – ASCII

**Decimal - Binary - Octal - Hex - ASCII
Conversion Chart**

Decimal	Binary	Octal	Hex	ASCII	Decimal	Binary	Octal	Hex	ASCII	Decimal	Binary	Octal	Hex	ASCII	Decimal	Binary	Octal	Hex	ASCII
0	00000000	000	00	NUL	32	00100000	040	20	SP	64	01000000	100	40	@	96	01100000	140	60	.
1	00000001	001	01	SOH	33	00100001	041	21	!	65	01000001	101	41	A	97	01100001	141	61	a
2	00000010	002	02	STX	34	00100010	042	22	"	66	01000010	102	42	B	98	01100010	142	62	b
3	00000011	003	03	ETX	35	00100011	043	23	#	67	01000011	103	43	C	99	01100011	143	63	c
4	00000100	004	04	EOT	36	00100100	044	24	\$	68	01000100	104	44	D	100	01100100	144	64	d
5	00000101	005	05	ENQ	37	00100101	045	25	%	69	01000101	105	45	E	101	01100101	145	65	e
6	00000110	006	06	ACK	38	00100110	046	26	&	70	01000110	106	46	F	102	01100110	146	66	f
7	00000111	007	07	BEL	39	00100111	047	27	'	71	01000111	107	47	G	103	01100111	147	67	g
8	00001000	010	08	BS	40	00101000	050	28	(	72	01001000	110	48	H	104	01101000	150	68	h
9	00001001	011	09	HT	41	00101001	051	29	)	73	01001001	111	49	I	105	01101001	151	69	i
10	00001010	012	0A	LF	42	00101010	052	2A	*	74	01001010	112	4A	J	106	01101010	152	6A	j
11	00001011	013	0B	VT	43	00101011	053	2B	+	75	01001011	113	4B	K	107	01101011	153	6B	k
12	00001100	014	0C	FF	44	00101100	054	2C	,	76	01001100	114	4C	L	108	01101100	154	6C	l
13	00001101	015	0D	CR	45	00101101	055	2D	-	77	01001101	115	4D	M	109	01101101	155	6D	m
14	00001110	016	0E	SO	46	00101110	056	2E	.	78	01001110	116	4E	N	110	01101110	156	6E	n
15	00001111	017	0F	SI	47	00101111	057	2F	/	79	01001111	117	4F	O	111	01101111	157	6F	o
16	00010000	020	10	DLE	48	00110000	060	30	0	80	01010000	120	50	P	112	01110000	160	70	p
17	00010001	021	11	DC1	49	00110001	061	31	1	81	01010001	121	51	Q	113	01110001	161	71	q
18	00010010	022	12	DC2	50	00110010	062	32	2	82	01010010	122	52	R	114	01110010	162	72	r
19	00010011	023	13	DC3	51	00110011	063	33	3	83	01010011	123	53	S	115	01110011	163	73	s
20	00010100	024	14	DC4	52	00110100	064	34	4	84	01010100	124	54	T	116	01110100	164	74	t
21	00010101	025	15	NAK	53	00110101	065	35	5	85	01010101	125	55	U	117	01110101	165	75	u
22	00010110	026	16	SYN	54	00110110	066	36	6	86	01010110	126	56	V	118	01110110	166	76	v
23	00010111	027	17	ETB	55	00110111	067	37	7	87	01010111	127	57	W	119	01110111	167	77	w
24	00011000	030	18	CAN	56	00111000	070	38	8	88	01011000	130	58	X	120	01111000	170	78	x
25	00011001	031	19	EM	57	00111001	071	39	9	89	01011001	131	59	Y	121	01111001	171	79	y
26	00011010	032	1A	SUB	58	00111010	072	3A	:	90	01011010	132	5A	Z	122	01111010	172	7A	z
27	00011011	033	1B	ESC	59	00111011	073	3B	;	91	01011011	133	5B	[	123	01111011	173	7B	{
28	00011100	034	1C	FS	60	00111100	074	3C	<	92	01011100	134	5C	\	124	01111100	174	7C	|
29	00011101	035	1D	GS	61	00111101	075	3D	=	93	01011101	135	5D	]	125	01111101	175	7D	}
30	00011110	036	1E	RS	62	00111110	076	3E	>	94	01011110	136	5E	^	126	01111110	176	7E	~
31	00011111	037	1F	US	63	00111111	077	3F	?	95	01011111	137	5F	_	127	01111111	177	7F	DEL

This work is licensed under the Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License. To view a copy of this license, visit <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>

ASCII Conversion Chart.doc Copyright © 2006, 2012 Donald Williams 22 March 2012

BAB 3

Perancangan Sistem Monitoring Bahan Bakar Berbasis IoT dan Sistem Komunikasi Kooperatif

3.1 Rencana Percobaan Sistem Menggunakan Software NS2 dan Perangkat Hardware LoRa Dragino

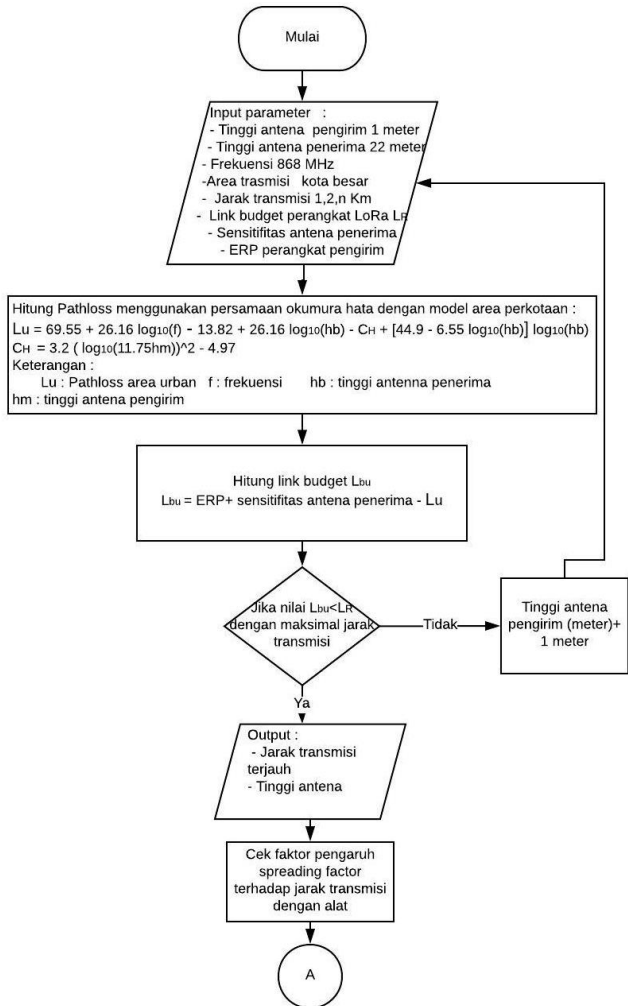
Pada percobaan ini akan dilakukan evaluasi output dari sistem komunikasi berupa jarak transmisi perangkat menggunakan interface LoRa. Dalam hal ini input berupa tinggi antenna, frekuensi kerja, daya pancar, spreading factor dan bandwidth akan menentukan output berupa jarak transmisi data dari perangkat pengirim ke perangkat penerima. Dalam percobaan ini akan dilakukan dengan parameter input tinggi antenna pengirim senilai dua meter dan empat meter, frekuensi sebesar 868 MHz, Daya Pancar sebesar 14 dBmW, konstanta spreading factor sebesar 7 – 12 serta bandwidth sebesar 125 kHz dan 300kHz.

evaluasi output dari simulasi sistem komunikasi kooperatif berupa throughput, *delay* dan *packet error rate*, maka akan dilakukan simulasi menggunakan software NS2 dimana software NS2 merupakan salah satu *tools* yang digunakan untuk menganalisa sistem komunikasi kooperatif dengan output berupa throughput, *delay* dan biterror rate. Dalam simulasi sistem komunikasi kooperatif yang menggunakan software NS2 akan dilakukan dengan node sejumlah 18 node dimana 17 *node* merupakan node perangkat pengirim dan node perangkat relay dan satu buah node pusat monitoring seperti pada gambar 3.1. Simulasi akan dilakukan selama 1200 detik. Letak pengaturan node serta skema pengiriman data akan diatur sesuai dengan letak mapping stasiun bahan bakar yang ada pada Kota Surabaya.

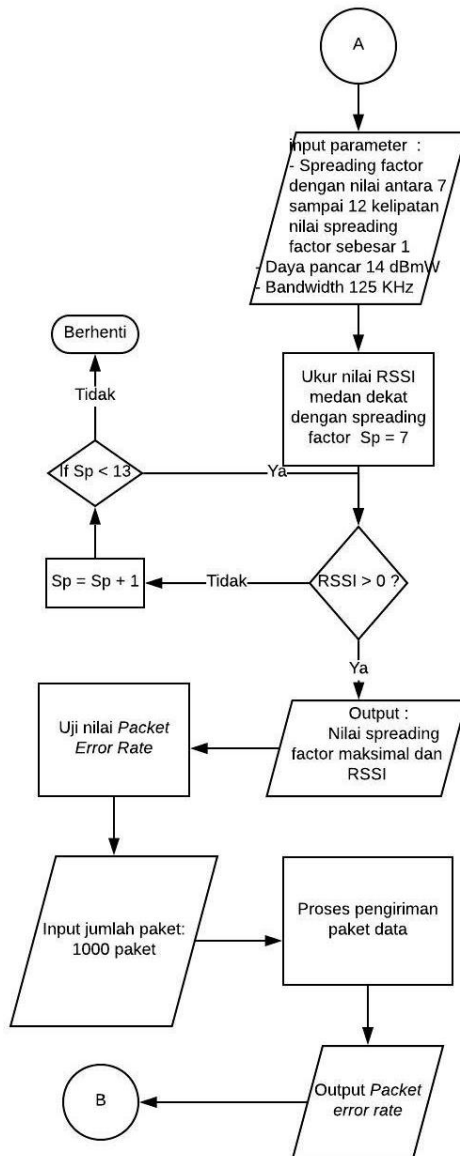
3.2 Diagram Alir Percobaan Hardware

Diagram alir dapat dilihat pada gambar 3.1, variable input digunakan untuk mengatur perangkat dapat digunakan untuk mengirim data untuk monitoring level bahan bakar. Pertama dilakukan perhitungan *pathloss* untuk memperkirakan redaman yang diakibatkan oleh transmisi perangkat menggunakan teori okumura hata. Selanjutnya dilakukan perhitungan *link budget* untuk mengetahui jarak transmisi perangkat. Saat nilai daya yang sampai pada perangkat kurang dari sensitifitas, maka

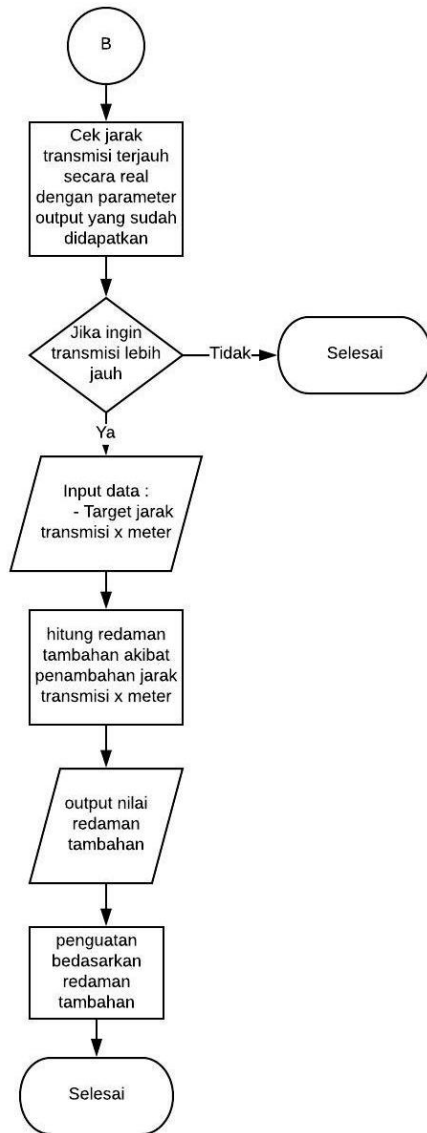
tinggi antenna perlu dinaikan. Selanjutnya dilakukan percobaan pengaruh nilai *spreading factor* terhadap jarak transmisi. Setelah mendapatkan nilai *spreading factor* untuk jarak terjauh, dilakukan uji *packet error rate* untuk melihat perbandingan jumlah paket yang error dengan jumlah paket yang dikirim.



Gambar 3.1 Diagram Alir Percobaan Hardware



Gambar 3.1 Lanjutan Diagram Alir Percobaan Hardware



Gambar 3.1 Lanjutan Diagram Alir Percobaan Hardware

3.3 Perhitungan Pathloss

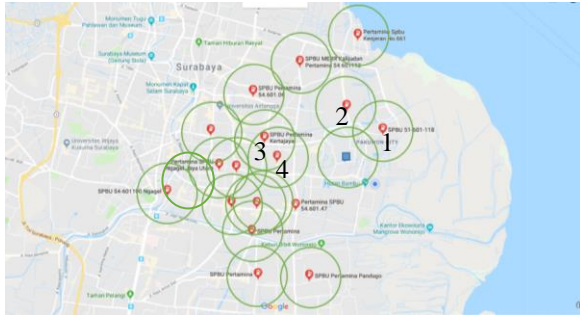
Petama pathloss komunikasi dihitung untuk mengetahui jarak transmisi maksimal perangkat komunikasi antara dua perangkat. Pada hal ini nilai redaman akibat transmisi perangkat menggunakan teori redaman Okumura Hata dimana diantara dua perangkat yang melakukan melalui suatu medium udara terdapat beberapa penghalang berupa bangunan dan lain lain. Maka untuk mengetahui perkiraan jarak transmisi perangkat sebelum dilakukan percobaan dengan praktik langsung maka pada tabel 3.1 merupakan perhitungan linkbudget secara teori dengan spesifikasi linkbudget dari perangkat LoRa Dragino sebesar 168 dB untuk mengetahui batas transmisi yang dapat dilakukan oleh perangkat. Dengan daya pancar sebesar 14 dBmW yang setara dengan -16 dB.

Tabel 3.1 Perhitungan *pathloss*

no	Jarak (km)	Tinggi Tx <i>node</i> (meter)	Tinggi Rx <i>node</i> pusat (meter)	Power Tx (dBW)	loss (dB)	Received signal (dBW)
1.	1	2	22	-16	128.61	-144.61
2.	2	2	22	-16	141.53	-157.53
3.	3	2	22	-16	149.1	-164.1

3.4 Mapping Sample *Node* Secara Real

Mapping Jarak transmisi sinyal berdasarkan letak pombensin pada jarak transmisi sinyal *node* dengan jarak 1 km pada gambar 3.2. Dalam hal ini dapat dilihat dengan perkiraan jarak propagasi sejauh 1 km dapat dilihat bahwa tidak ada *node* yang bahkan dapat melakukan komunikasi dengan server yang ada pada pusat monitoring. Sehingga meskipun dalam sistem komunikasi seperti gambar diatas menggunakan sistem telekomunikasi kooperatif dimana suatu *node* dapat mengirim data ke server pusat monitoring melalui *node* lain yang memungkinkan untuk menerima data, *node* tersebut tidak akan dapat mengirim data hingga sampai ke server monitoring. Maka dalam hal ini diperlukan repeater yang dipasang di titik pertengahan antara beberapa titik *node* yang paling berdekatan dengan pusat monitoring seperti *node* 1,2,3 dan 4 dan pusat monitoring.



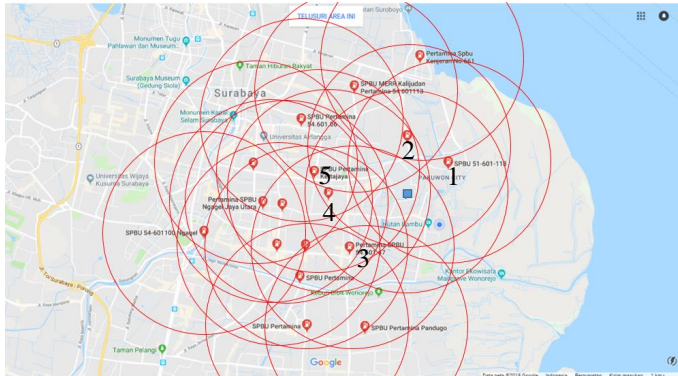
Gambar 3.2 Jarak transmisi sinyal *node* dengan jarak 1 km

Jarak transmisi data sejauh 2 Km dapat dilihat pada gambar 3.3 bahwa ada beberapa *node* yang dapat mentransmisikan data ke pusat monitoring yaitu *node* 1 dan 2 namun dapat dilihat bahwa berdasarkan gambar diatas, *node* 3 dan *node* 4 tidak dapat melakukan transmisi data ke *node* 2 ataupun 1 sehingga transmisi data dari *node* yang tidak dapat langsung melakukan komunikasi dengan pusat monitoring tidak dapat melakukan transmisi data melalui *node* 1 dan 2 yang sebelumnya terdapat *node* 3 dan 4. Sehingga diperlukan perangkat repeater yang diletakkan dititik yang dilambangkan pada hambar segitiga hitam diatas sehingga *node* 3, 4, 5, dan 6 dapat melakukan transmisi data ke pusat monitoring. Akhirnya *node* yang tidak diberi nomor pun dapat melakukan transmisi data ke pusat monitoring melalui *node* 4, 5 atau 6.



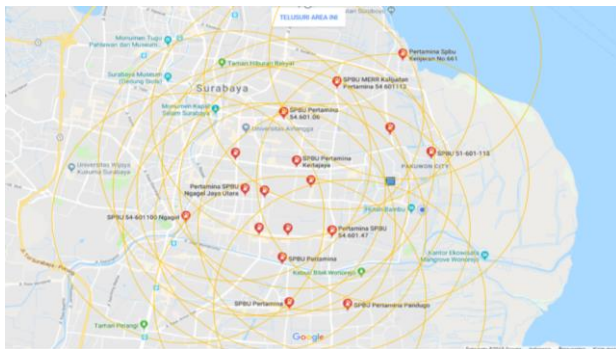
Gambar 3.3 Jarak transmisi sinyal *node* dengan jarak 2 km

Dengan transmisi data seperti pada gambar 3.4 yang dapat dilakukan *node* dengan jarak transmisi sejauh 3 km. Maka dapat dilihat pada gambar 3.4 beberapa *node* dapat melakukan transmisi data ke pusat monitoring yaitu *node* 1, 2, 3, 4 dan 5. Sehingga *node* yang lain dapat mentransmisikan data melalui *node* 1, 2, 3, 4 dan 5 agar dapat sampai ke pusat monitoring



Gambar 3.4 Jarak transmisi sinyal *node* dengan jarak 3 km

Jarak transmisi data seperti pada gambar 3.5 *node* sejauh 4 km hampir seluruh *node* dapat melakukan transmisi data ke pusat monitoring dan untuk *node* yang tidak dapat melakukan transmisi data langsung ke pusat monitoring maka dapat mentransmisikan dahulu ke *node* lain lalu ditransmisikan kembali ke monitoring pusat

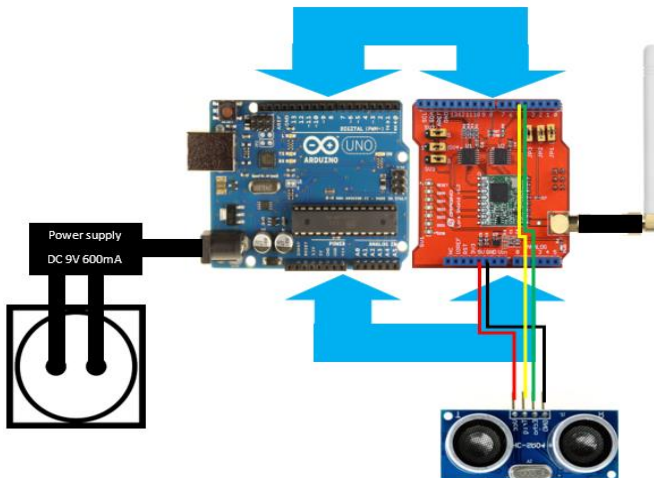


Gambar 3.5 Jarak transmisi sinyal *node* dengan jarak 4 km

3.5 Konfigurasi Sistem *Hardware*

Berikut ini adalah gambar dan blok diagram sistem secara keseluruhan yang dibuat dalam beberapa segmen. Pertama adalah koneksi Arduino dengan LoRa Dragino dan sensor ultrasonik pada *node* transmitter pada gambar 3.6. Dengan input berupa data rate sebesar 125 kHz, Daya transmit sebesar 14 dBmW, dan spreading factor sebesar 7. Gambar 3.4 merupakan skema koneksi perangkat yang digunakan pada *node* untuk mengakusisi data dari permukaan yang ada pada tangki bahan bakar pada stasiun pom bensin yang kemudian hasil akusisi data tersebut di transmisikan ke server yang ada pada sistem monitoring pusat.

Pada gambar 3.6 terdapat sensor ultrasonik sebagai perangkat yang berfungsi sebagai perangkat akusisi data level permukaan bahan bakar. Kemudian terdapat perangkat arduino uno sebagai perangkat microcontroller untuk memproses data yang didapatkan dari sensor ultrasonik. Selain itu terdapat perangkat komunikasi yaitu LoRa dragino yang merupakan komponen yang berfungsi sebagai modulator yang melakukan transmisi data secara nirkabel. Alur pengiriman data yang dilakukan oleh komponen yang saling terhubung seperti gambar diatas dapat dilihat dengan konfigurasi perangkat *hardware* seperti pada gambar 3.6. dan pada diagram dibawah Alur pengiriman data seperti pada gambar 3.7.

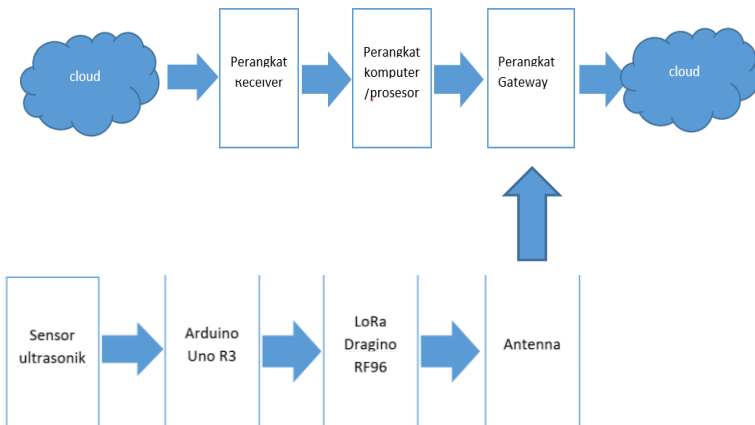


Gambar 3.6 Konfigurasi perangkat pada *node* pengirim



Gambar 3.7 Alur pengiriman data pada *node* pengirim

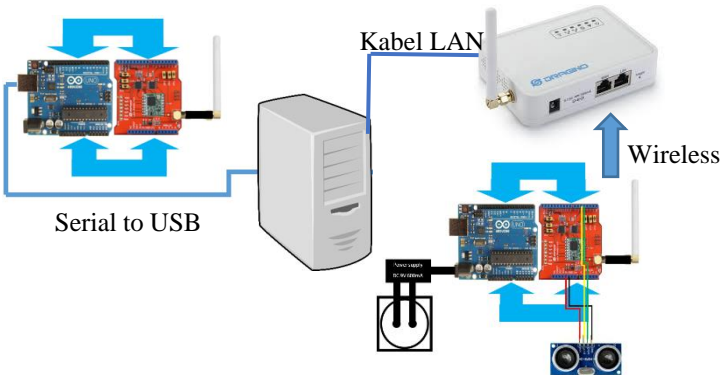
Sinyal yang dikirim dari perangkat transmitter *node* awal diterima oleh receiver pada *node* relay yang kemudian di kodekan kembali oleh perangkat komputer yang ada pada relay. Selanjutnya data dikirimkan kembali bersama data yang di generate pada *node* relay tersebut. Alur pemrosesan data dapat dilihat pada gambar 3.10 dan dengan konfigurasi perangkat perangkat relay hardware seperti pada gambar 3.11



Gambar 3.8 Alur pemrosesan data pada relay

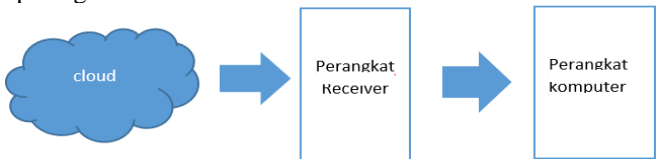
Pada konfigurasi perangkat hardware dapat dilihat pada gambar 3.9 bahwa LoRaWAN sebagai perangkat komunikasi yang menerima sinyal data yang kemudian data tersebut disimpan pada perangkat komputer. Selanjutnya, Data yang masuk dari *node* sebelumnya digabungkan dengan data yang masuk dari *node relay* menggunakan

perangkat *gateway* LoRaWAN. Kemudian data dikirim kembali ke perangkat *node relay* selanjutnya.



Gambar 3.9 konfigurasi perangkat pada node relay

Selanjutnya pada gambar 3.10 merupakan skema pemrosesan data saat masuk perangkat penerima pada pusat monitoring dimana terdapat satu set perangkat penerima dan komputer yang digunakan untuk memantau level cadangan bahan bakar yang ada pada tangki stasiun pombensin. Sedangkan untuk konfigurasi perangkat penerima dapat dilihat pada gambar 3.11.



Gambar 3.10 Alur proses data di *node* penerima



Gambar 3.11 Konfigurasi perangkat di *node* penerima

3.6 Parameter Input Interface Hardware

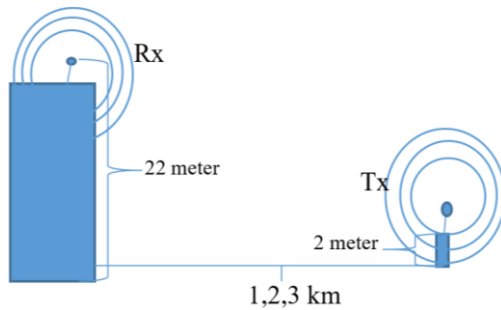
Dalam pengerjaan tugas akhir ini *hardware* yang telah dikonfigurasi akan diprogram dengan parameter *input* yang dipakai untuk menentukan kinerja dari sistem komunikasi yang telah dirancang dan akan diimplementasikan. Parameter yang dimasukkan kedalam program yang akan diupload ke *microcontroller* dapat dilihat pada tabel 3.2 dimana terdapat parameter yang akan menentukan hasil output seperti jarak komunikasi antar perangkat, *SNR*, dan *RSSI*.

Tabel 3.2 Parameter Input Program Arduino

TxPower	14 dBm
SpreadingFactor	7-12
Bandwidth	125 KHz
CodingRate	4/5
Panjang Preamble	8
Penggunaan Syncword	Ya
Penggunaan CRC	Ya
Frekuensi	868MHz

3.7 Percobaan Pengukuran Jarak Komunikasi

Selanjutnya dilakukan percobaan real dari gedung B lantai 5 Jurusan Teknik Elektro ITS dengan ketinggian sekitar 22 meter untuk perangkat penerima dan perangkat pengirim 2 meter untuk mengetahui jarak transmisi sebenarnya dari perangkat LoRa. Hal ini dilakukan bedarkan persamaan okumura hata yang memiliki minimal tinggi antena penerima sebesar 30 meter. Namun, keterbatasan perangkat pendukung percobaan maka percobaan dilakukan dengan tinggi yang mendekati 30 meter. Model percobaan dapat dilihat pada gambar 3.12 dimana percobaan dilakukan dengan menaruh perangkat penerima pada gedung B lantai 5 dengan ketinggian sekitar 22 meter dan perangkat pengirim mengirim data dengan tinggi antenna 2 meter jarak transmisi 1 Km, 2 Km, dan 3Km.



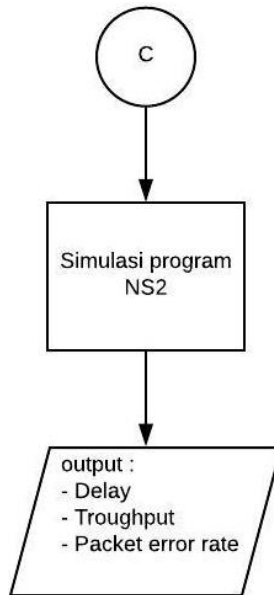
Gambar 3.12 Ilustrasi percobaan dengan jarak 1, 2 dan 3 km

3.7 Diagram Alir Simulasi NS2

Skema rencana tahapan simulasi sistem komunikasi menggunakan software NS2 digambarkan melalui diagram alir pada Gambar 3.13. Dalam melakukan simulasi, beberapa tahapan dilakukan untuk mendapatkan hasil simulasi yang akan dianalisa hasil output berdasarkan input data yang sesuai dengan perangkat *hardware* LoRa Dragino yaitu perangkat dengan standar komunikasi LoRaWAN. Input data yang dimasukan berupa nilai frekuensi carrier, bandwidth, ukuran paket yang dikirim, waktu simulasi, gain antenna, sensitifitas perangkat penerima dan lain lain.



Gambar 3.13 Diagram Alir Simulasi NS2

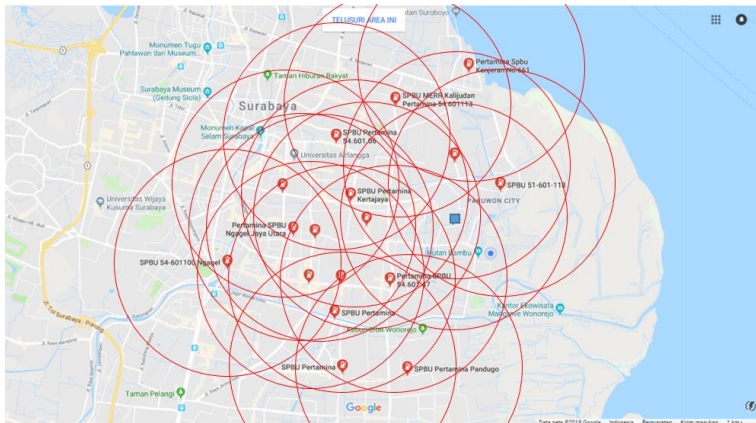


Gambar 3.13 Diagram Alir Simulasi NS2 (lanjutan)

3.8 Simulasi Sistem Komunikasi Kooperatif Menggunakan Software NS2 Berdasarkan Spesifikasi Perangkat LoRa

Simulasi jaringan menggunakan software NS2 dilakukan dengan menggunakan sample mapping letak pombensin di area Kota Surabaya dengan jarak transmisi perangkat sejauh 3 km Letak titik sample *node* dapat dilihat pada gambar 3.14. Dalam simulasi ini dilakukan pengaturan berdasarkan teori sistem komunikasi kooperatif dimana *node* pengirim mengirimkan data ke *node* relai. Selanjutnya dilakukan pengiriman data dari *node* relay ke *node* penerima.

Sehingga dalam hal ini proses komunikasi kooperatif diatur dalam simulasi komunikasi kooperatif berdasarkan letak *node* sesuai dengan letak stasiun pengisian bahan bakar yang ada pada kota Surabaya. Dalam hal ini simulasi dilakukan dengan cara menggolongkan area komunikasi dimana terdapat sistem komunikasi kooperatif dari *node* pengirim yang memiliki jarak transmisi terjauh untuk mencapai *node* pusat. Simulasi ini akan dilakukan dalam waktu 1200 detik.



Gambar 3.14 Mapping *Node* Berdasarkan Letak Pombensin Dengan Jarak Transmisi 3 km

3.9 Data Parameter Input Pada Simulasi NS2

Pada parameter input yang akan dimasukan ke dalam simulasi menggunakan *software* NS2 terdapat beberapa parameter yang nilainya didapatkan dari hasil perhitungan berdasarkan teori yang ada. Berikut adalah beberapa parameter input yang perlu dihitung terlebih dahulu sebelum dimasukan kedalam simulasi serta seluruh parameter input dapat dilihat pada tabel 3.3

Tabel 3.3 Parameter input pada NS2

No.	Parameter Input	Value/nilai	Besaran
1	Gain (Tx/Rx) OmniAntenna	0	dBi
2	Frekuensi	868	MHz
3	Bandwidth/Data Rate	125	Kbps
4	Power Transmit	14	dBmW
5	Sensitivitas	168	dB
6	Time Simulation	1200	Detik

3.9.1 Ukuran Paket

Paket yang dikirimkan dari *node* pengirim ke *node relay* atau *node* penerima dalam simulasi NS2 dihitung berdasarkan standar protokol paketisasi yang ada pada LoRaWAN. Dalam protokol LoRaWAN, terdapat format paket data yang akan dikirim ke perangkat penerima. Jumlah total bit data dalam satu paket yang dikirimkan terdapat bit data digital yang berisi data urutan pemrosesan data yang didapatkan dari seluruh hasil pengukuran tinggi level bahan bakar menggunakan sensor ultrasonik yang terdapat pada beberapa tangki penyimpanan bahan bakar yang berbeda.

Dalam hal ini pada blok FRMPayload pada layer datalink sejumlah memiliki kapasitas data yang berbeda beda tergantung dengan penggunaan nilai *spreading factor* yang ada pada sistem modulasi *chirp spreading spectrum* untuk mengirim data dari satu sensor ultrasonik. Nilai kapasitas payload yang ada pada blok FRMPayload. Maka dalam perhitungan diketahui bahwa pada MHDR terdapat data maksimal sebanyak 1 byte atau 8 bit, pada MIC terdapat data sebanyak 32 bit, pada MacPayload terdapat blok FHDR yang terdapat data maksimal sebanyak tujuh byte tanpa adanya bit data pada kolom FOpts karena perangkat yang digunakan merupakan koneksi antar *end device*, Fport sebanyak 8 bit dan FRMPayload sebanyak 51 byte data yang terenkripsi dengan metode *AES encryption*.

Total data yang dikirim dalam satu paket dengan ukuran ID sensor yang terdapat dalam FRMPayload sebesar 1 byte dan data sensor sebesar 3 byte sebesar 4 byte. Hal ini dikarenakan digit yang dikirim menggunakan konversi ASCII ke biner dengan deret angka sebanyak tiga digit maka ukuran data sensor persatu sensor sebesar 3 byte. Maka untuk pengiriman data sebanyak satu data sensor maka terdapat 4 byte data yang terdapat pada FRMPayload. Sehingga total paket fisik yang akan dikirimkan dari perangkat pengirim ke perangkat penerima yaitu sebesar 28 byte untuk satu data sensor.

Dengan spesifikasi pada microcontroller terdapat 14 pin digital yang dapat digunakan untuk mengkoneksikan mikrocontroller dengan beberapa sensor. Dalam hal ini sensor ultrasonik memerlukan 2 pin yang

digunakan untuk pin echo dan trigger sehingga maksimal sensor sejenis adalah sebanyak 7 sensor ultrasonik. Maka payload maksimal yang digunakan apabila memakai seluruh pin dengan maksimal sensor sebanyak 7 sensor ultrasonik adalah sebesar 52 byte. Dalam hal ini akan terlihat pengaruh dari ukuran paket yang dikirim dari perangkat pengirim ke perangkat penerima.

Perhitungan total ukuran paket yang dapat dikirim berdasarkan jumlah sensor dan isi pesan yang dikirimkan dapat dilihat pada tabel 3.4. Dapat dilihat bahwa jumlah data yang dikirimkan dipengaruhi oleh jumlah sensor dan relay yang terdapat dalam sistem kooperatif. Data sensor yang dikirim berupa data dengan format ASCII yang dikonversikan menjadi format biner.

Tabel 3.4 Ukuran data yang dikirim

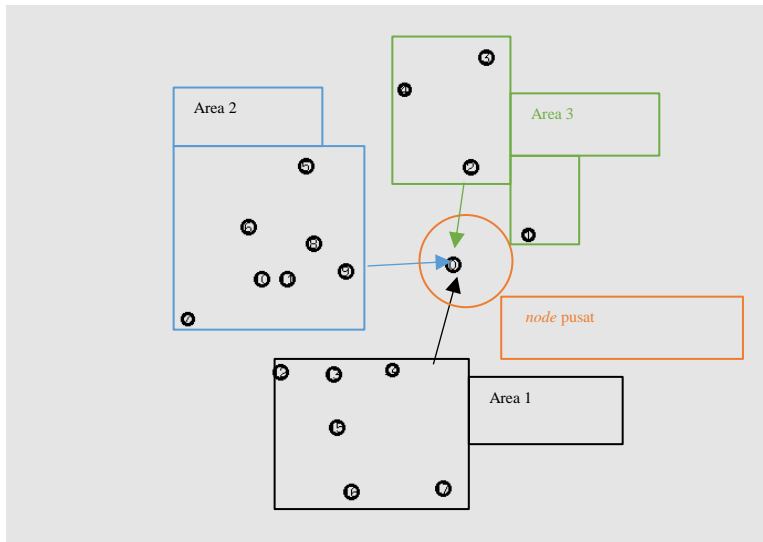
Jumlah sensor	Satu	Dua	Tiga	Empat	Lima	Enam	Tujuh
FRM Payload	4 byte	8 byte	12 byte	16 byte	24 byte	24 byte	28 byte
Payload Node Pengirim	28 byte	32 byte	36 byte	40 byte	44 byte	48 byte	52 byte
Payload Node Relay I	32 byte	40 byte	48 byte	56 byte	64 byte	72 byte	80 byte
Payload Node Relay II	36 byte	48 byte	60 byte	72 byte	84 byte	96 byte	108 byte
Payload Node Relay III	40 byte	56 byte	72 byte	88 byte	104 byte	120 byte	136 byte
Payload Node Relay IV	44 byte	64 byte	84 byte	104 byte	124 byte	144 byte	164 byte
Payload Node Relay V	48 byte	72 byte	96 byte	120 byte	144 byte	168 byte	192 byte
Payload Node Relay VI	52 byte	80 byte	108 byte	136 byte	164 byte	192 byte	220 byte

3.9.2 Bit Rate

Pada protokol LoRaWAN menggunakan modulasi *chirp spreading spectrum (CSS)* yang sudah tertera pada subbab 2.12.4. Nilai *spreading factor* yang terdapat dalam modulasi CSS memengaruhi *bit rate* dari sistem komunikasi. Karena dalam hal ini nilai *spreading factor* sebesar 7-12, bandwidth 125 KHz dan dengan *coding rate* sebesar 1 maka didapatkan akan dilihat pengaruhnya terhadap nilai *bit rate*.

3.10 Skema Simulasi Sistem Komunikasi Kooperatif

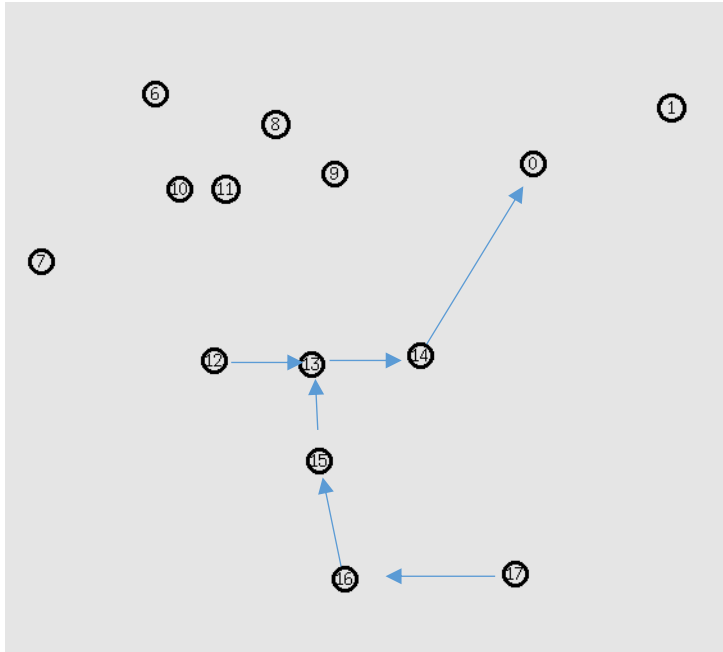
Simulasi yang dilakukan menggunakan software NS 2 berdasarkan letak stasiun pengisian bahan bakar pada suatu area perkotaan. Hal ini dilakukan dengan membagi area komunikasi berdasarkan letak *node* pengirim dan *node* yang memungkinkan untuk menjadi relay komunikasi untuk dapat menyampaikan pesan. Ilustrasi pembagian area dapat dilihat pada gambar 3.15 dan untuk penjelasan lebih lanjut akan dibahas pada subbab berikutnya



Gambar 3.15 Ilustrasi pembagian area

3.10.1 Sistem Komunikasi Kooperatif pada area 1

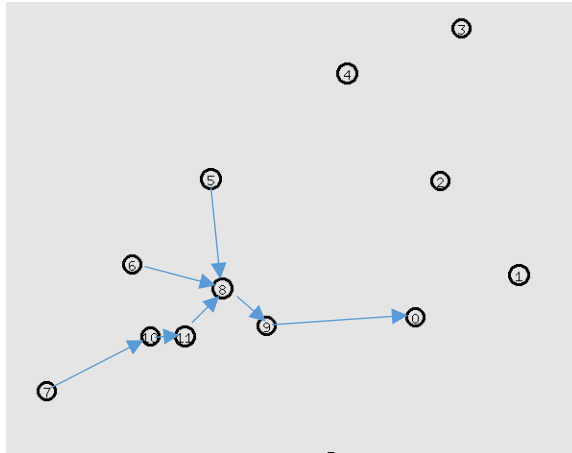
Pada area 1 terdapat *node* 0, 12, 13, 14, 15, 16, dan 17 dimana *node* 0 adalah tujuan utama dalam mengirimkan pesan. *Node* 12 dan 17 merupakan *node* pengirim sedangkan *node* 13, 14, 15 dan 16 adalah *node* pengirim sekaligus *node* relay. Skema sistem komunikasi pada area 1 dapat dilihat pada gambar 3.16



Gambar 3.16 Skema komunikasi data pada area 1

3.10.2 Sistem Komunikasi Kooperatif pada area 2

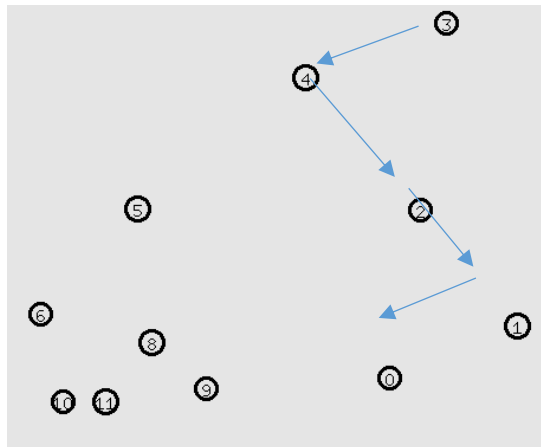
Pada area 2 terdapat *node* 0, 6, 7, 8, 9, 10, 11 dimana *node* 0 adalah tujuan utama dalam mengirimkan pesan. *Node* 6 dan 7 merupakan *node* pengirim sedangkan *node* 8, 9, 10 dan 11 adalah *node* pengirim sekaligus *node* relay. Skema sistem komunikasi pada area 2 dapat dilihat pada gambar 3.17



Gambar 3.17 Skema komunikasi data pada area 2

3.10.3 Sistem Komunikasi Kooperatif pada area 3

Pada area 3 terdapat *node* 0, 1, 2, 3, dan 4 dimana *node* 0 adalah tujuan utama dalam mengirimkan pesan. *Node* 3 merupakan *node* pengirim sedangkan *node* 1, 2 dan 4 adalah *node* pengirim sekaligus *node* relay. Skema sistem komunikasi pada area 3 dapat dilihat pada gambar 3.18



Gambar 3.18 Skema komunikasi data pada area 3

3.11 Efisiensi Penggunaan Kapasitas Payload

Saat menggunakan spreading factor sebesar 10,11 dan 12 maka kapasitas bit data pada frame payload sebesar 51 byte. Dalam hal ini bit data akan memenuhi kapasitas sebesar 51 byte saat kondisi sensor ultrasonik yang digunakan maksimal sebanyak satu sensor saat relay yang terdapat pada sistem komunikasi terdapat maksimal 5 relay dengan relay yang melakukan pengiriman data juga didapatkan sebesar 48 byte. Sehingga efisiensi penggunaan alokasi data persatu paket sebesar 94,18%. Sedangkan untuk penggunaan dua sensor didapatkan bahwa maksimal relay yang digunakan untuk kooperatif sebanyak 2 relay saja dengan prosenstase penggunaan alokasi data yang sama yaotu 94,18%. Untuk penggunaan 3 sensor masimal sebanyak 1 relay saja. Untuk penggunaan sensor sebanyak empat, lima dan enam sensor diperlukan pengiriman lebih dari satu paket untuk penggunaan relay untuk menggunakan sistem kooperatif.

Saat menggunakan spreading factor sebesar 9 maka kapasitas bit didapatkan sebesar 115 byte maka untuk sensor sebanyak satu, dua, dan tiga sensor dapat melakukan komunikasi kooperatif dengan relay sebanyak 6 untuk pengiriman data dalam satu paket. Sedangkan untuk empat sensor hanya dapat melakukan kooperatif hingga 4 relay. Untuk penggunaan 5 sensor sebanyak 3 relay, 6 sensor sebanyak 2 relay dan untuk 7 sensor maksimal 2 relay. Saat menggunakan spreading factor sebesar 6,7 dan 8 maka kapasitas bit didapatkan sebesar 222 byte maka untuk sensor sebanyak satu, dua, tiga, empat, lima, enam dan tujuh sensor dapat melakukan komunikasi kooperatif dengan relay sebanyak 6 untuk pengiriman data.

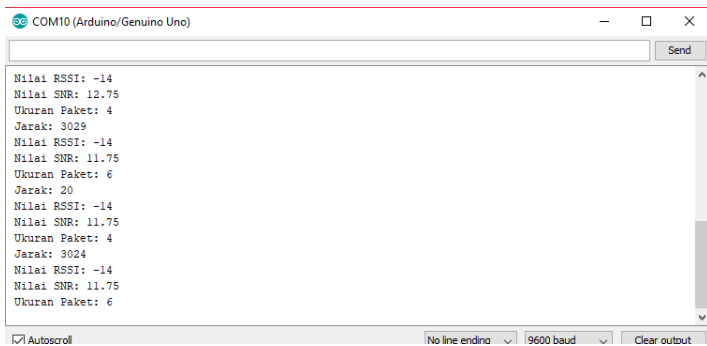
BAB 4

Hasil Percobaan dan Analisa

4.1 Hasil Output Percobaan Hardware LoRa

4.1.1 Hasil Pengukuran Medan Dekat

Bedasarkan parameter input LoRa yang sudah dijelaskan pada subbab 3.5 berikut adalah hasil yang didapatkan dapat dilihat pada gambar 4.1 *output* dari percobaan awal untuk mengukur nilai medan dekat yang dihasilkan oleh antenna pengirim.



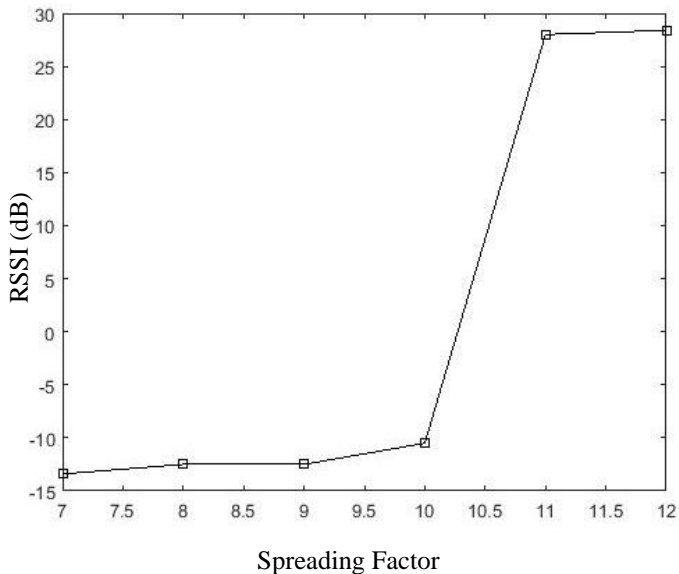
Gambar 4.1 Hasil output pengukuran medan dekat

Hasil dari pengukuran yang dilakukan dengan jarak transmisi mendekati 0 meter dilakukan untuk mengetahui kuat sinyal saat baru dipancarkan melalui antenna perangkat pengirim. Dapat dilihat pada tabel 4.1 dan gambar 4.2 bahwa semakin besar nilai *spreading factor* yang ada pada perangkat pengirim maka nilai *RSSI* atau *Received Signal Strength indicator* semakin besar sehingga jarak komunikasi 2 perangkat akan semakin jauh.

Bedasarkan *datasheet* LoRawan, nilai *spreading factor* memengaruhi kapasitas pengiriman data yang akan dikirim dari perangkat pengirim ke perangkat penerima. Semakin besar nilai *spreading factor* maka semakin besar nilai *RSSI*, namun kapasitas data yang dapat dikirim akan semakin kecil.

Tabel 4.1 Hasil Pengukuran medan dekat Antena Perangkat pengirim

Spreading Factor	Tx Power	Bandwidth	RSSI rata rata (dBm)
7	14 dBm	125 kHz	-13.4
8	14 dBm	125 kHz	-12.5
9	14 dBm	125 kHz	-12.5
10	14 dBm	125 kHz	-10.5
11	14 dBm	125 kHz	28
12	14 dBm	125 kHz	28.4



Gambar 4.2 Grafik Pengaruh Spreading factor terhadap nilai RSSI dengan Bandwidth 125 kHz dan daya pancar 14 dBmW

4.1.2 Hasil Pengukuran Percobaan

Hasil percobaan didapatkan bahwa perangkat LoRa dapat melakukan transmisi maksimal hingga 3,02 km dari perangkat penerima dimana perangkat penerima berada pada ketinggian 22 meter dan perangkat pengirim berada pada ketinggian 2 meter. Hasil Pengukuran

dapat dilihat pada tabel 4.2 dapat dilihat bahwa jarak transmisi dapat mencapai 2 Km untuk tinggi antena perangkat pengirim setinggi 2 meter.

Maka pengaruh tinggi antena perangkat mempengaruhi jarak transmisi data. Hal ini dikarenakan saat tinggi antena perangkat semakin tinggi maka faktor redaman akibat gedung gedung, rumah rumah, dan lain lain akan membuat energi sinyal yang bertransmisi semakin kecil dan faktor pantulan membuat bentuk sinyal menjadi sulit dideteksi oleh perangkat penerima.

Tabel 4.2 Pengaruh *Spreading Factor* terhadap jarak transmisi

No	<i>Spreading Factor</i>	Jarak Trasmisi Maksimal (meter)
1.	7	144,88
2.	8	716,16
3.	9	1230
4.	10	2400
5.	12	3020

Tabel 4.3 Hasil Pengukuran dengan nilai spreading factor sebesar 7

No	Jarak	Tinggi Tx (meter)	Tinggi Rx (meter)	RSSI (dBm)
1	144,88 m	22	2	-115
		22	2	-116
		22	2	-116
		22	2	-117
		Rata Rata nilai RSSI		-116

Tabel 4.4 Hasil Pengukuran dengan nilai spreading factor sebesar 8

No	Jarak	Tinggi Tx (meter)	Tinggi Rx (meter)	RSSI (dBm)
1	716,16 m	22	2	-118
		22	2	-119
		22	2	-118
		22	2	-118
		Rata Rata nilai RSSI		-118,25

Tabel 4.5 Hasil Pengukuran dengan nilai spreading factor sebesar 9

No	Jarak	Tinggi Tx (meter)	Tinggi Rx (meter)	RSSI (dBm)
1	1 Km	22	2	-119
		22	2	-120
		22	2	-119
		22	2	-119
		Rata Rata nilai RSSI		-119,25
2	1,23 Km	22	2	-120
		22	2	-119
		22	2	-121
		22	2	-120
		Rata Rata nilai RSSI		-119,75

Tabel 4.6 Hasil Pengukuran dengan nilai spreading factor sebesar 10

No	Jarak	Tinggi Tx (meter)	Tinggi Rx (meter)	RSSI (dBm)
1	1 Km	22	2	-120
		22	2	-119
		22	2	-120
		22	2	-121
		Rata Rata nilai RSSI		-120
2	2 Km	22	2	-121
		22	2	-122
		22	2	-120
		22	2	-121
		Rata Rata nilai RSSI		-121
3	2,4 Km	22	2	-121
		22	2	-123
		22	2	-122
		22	2	-123
		Rata Rata nilai RSSI		-122,5

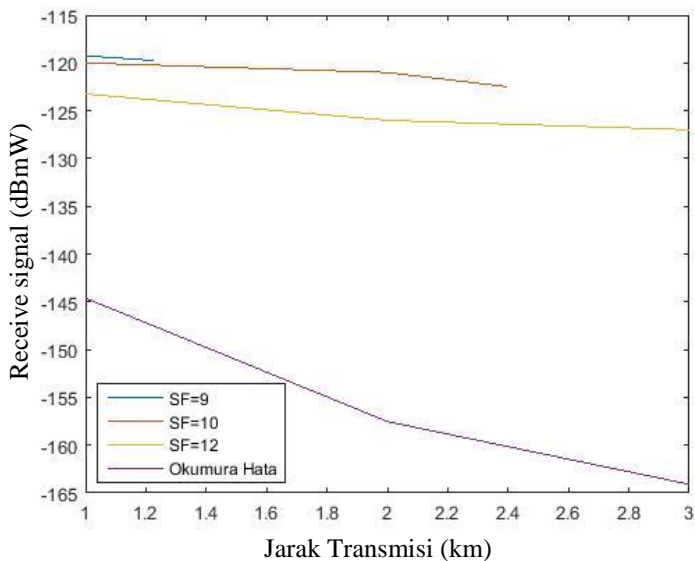
Tabel 4.7 Hasil Pengukuran dengan nilai spreading factor sebesar 12

No	Jarak	Tinggi Tx (meter)	Tinggi Rx (meter)	RSSI (dBm)
1	1 Km	22	2	-121
		22	2	-124
		22	2	-124
		22	2	-124
		Rata Rata nilai RSSI		-123,25
2	2 Km	22	2	-125
		22	2	-126
		22	2	-127
		22	2	-126
		Rata Rata nilai RSSI		-126
3	3 Km	22	2	-128
		22	2	-127
		22	2	-127
		22	2	-126
		Rata Rata nilai RSSI		-127

Perbandingan antara perhitungan menggunakan persamaan Okumura Hata dengan pengukuran real didapatkan bahwa nilai receive signal hasil pengukuran secara real lebih besar dibandingkan dengan perhitungan secara teori. Persamaan okumura hata memiliki keterbatasan dalam penentuan tinggi antenna penerima yaitu sebesar 30 meter. Sehingga perhitungan secara teori dan pengukuran langsung tidak dapat dibandingkan. Namun apabila tinggi antenna penerima kurang dari 30 meter, maka nilai RSSI lebih kecil karena faktor loss semakin besar. Maka nilai receive signal hasil pengukuran secara real tetap lebih besar dibandingkan dengan perhitungan secara teori.

Bedasarkan hasil percobaan yang didapatkan, jarak transmisi perangkat LoRaWAN terjauh sebesar 3 km dengan nilai spreading factor sebesar 12 dapat dilihat pada gambar 4.3. Selanjutnya, dilihat hasil percobaan *packet error rate* yang terdapat pada layer *transport* pada *OSI layer* dengan spreading factor sebesar 12. Hasil *packet error rate* yang didapat dari pengiriman data sebanyak 1000 paket yaitu 3.2%. Jumlah

paket yang hilang saat dilakukan pengiriman data sebanyak 32 paket dapat dihat pada tabel 4.8.



Gambar 4.3 Perbandingan hasil pengukuran dengan perhitungan secara teori menggunakan persamaan Okumura Hata

Tabel 4.8 *Packet error rate* dengan nilai spreading factor sebesar 12

Jumlah data yang dikirim	Jumlah data yang diterima	Packet error rate
1000	968	3.2%

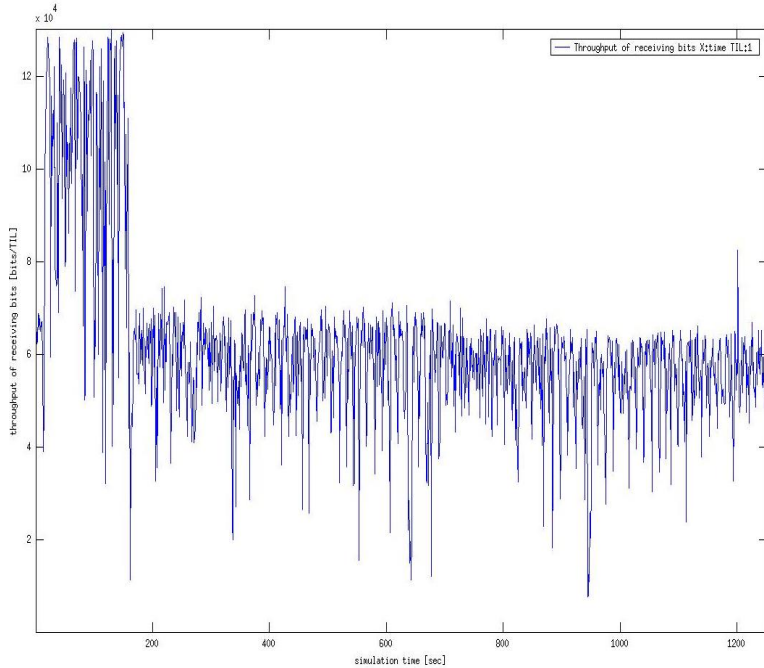
4.2 Hasil Simulasi NS2

4.2.1 Throughput

4.2.1.1 Throughput Rata Rata Bit Data Seluruh Node

Dari hasil simulasi selama 1200 detik dapat dilihat grafik throughput rata rata bit data yang diterima pada seluruh *node*. Terlihat bahwa nilai dari throughput terbesar pada saat detik ke 0 sampai 180 dengan besar 130 Kbps dan kemudian nilai throughput turun menjadi 70

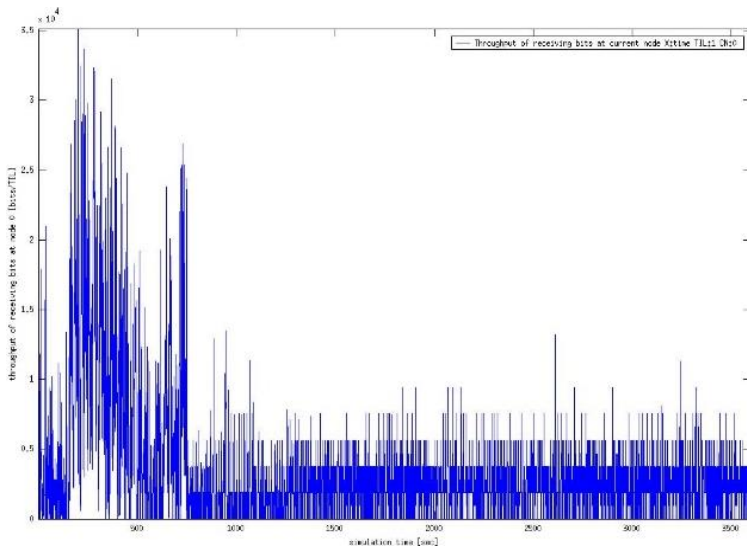
Kbps. Dalam hal ini sistem yang mengirimkan data dengan ukuran data sebesar 224 bit hingga 416 bit pada *node* pengirim. Hasil output berupa grafik throughput dapat dilihat pada gambar 4.4 dibawah ini



Gambar 4.4 Grafik rata rata throughput dalam waktu 1200 detik

4.2.1.2 Throughput Bit Data Pada Node Pusat Monitoring

Throughput dari jumlah bit data yang diterima oleh pusat monitoring selama 1200 detik yang ada dapat dilihat pada gambar 4.5 rata rata throughput yang dihasilkan pada detik ke 0 sampai 750 sebesar 25 Kbps lalu pada detik ke 751 sampai 1200, rata rata nilai throughput turun menjadi 60 Kbps. Dengan ukuran data yang dikirimkan dari *node* terdekat dengan *node* pusat (*node* 0) yaitu *node* 1, 9 dan 14 dengan ukuran data 224 bit hingga 416 bit maka kecepatan downlink masih lebih besar dari ukuran paket data yang dikirimkan.



Gambar 4.5 Throughput data yang diterima pada pusat monitoring selama 1200 detik

4.2.2 Delay

Dalam sistem ini terdapat berbagai macam bentuk *delay* yang *delay* tersebut mengakibatkan waktu yang dibutuhkan sistem untuk melakukan komunikasi data semakin lama. Dalam hal ini didapatkan output *delay* dengan adanya pengaruh sistem kooperatif yaitu pada banyaknya jumlah node relay yang dijadikan komunikasi penghubung antara perangkat pengirim dan perangkat penerima. Selain itu didapatkan juga output *delay* yang dipengaruhi oleh ukuran paket yang dikirim dari perangkat pengirim ke perangkat penerima.

4.2.2.1 DelayPropagasi/ Transmisi Data Antar Node

Hasil yang didapatkan dari simulasi NS2 berupa *delay* propagasi/transmisi data antar *node* dapat dilihat pada tabel 4.3, 4.3, dan 4.5. Faktor yang memengaruhi *delay* propagasi/transmisi yaitu jarak antar *node* yang saling melakukan komunikasi. Semakin jauh jarak komunikasi antar *node* maka semakin besar *delay* transmisi. *Delay* propagasi antar *node* dapat dipengaruhi oleh jarak komunikasi yang berbeda dengan

dengan frekuensi, daya pancar, jumlah data yang dikirimkan dan gain antenna yang sama namun dengan jarak komunikasi data yang berbeda memiliki *delay* yang berbeda.

Hasil simulasi yang dilakukan pada tiga area yang ada, didapatkan bahwa saat node pengirim melakukan transmisi data ke node penerima dengan *delay* tertentu. Nilai *delay* yang didapatkan berbeda beda karena jarak transmisi yang berbeda beda. Semakin besar jarak transmisi, maka semakin besar *delay* yang didapatkan dengan interface komunikasi yang sama. Menurut ITU-T, Standar untuk *delay* transmisi sinyal digital maksimal sebesar 500 ms. Sehingga dapat dikatakan *delay* komunikasi antar perangkat *end to end* antara node pengirim dan node penerima masih memenuhi.

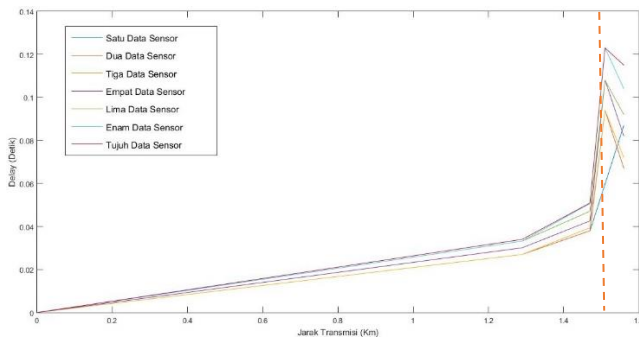
Hasil simulasi pada area 1 didapatkan bahwa *delay* propagasi maksimal pada setiap data sensor tidak melebihi 500 ms. Sehingga *delay* pada sistem kooperatif untuk monitoring level bahan bakar pada area 1 masih diterima berdasarkan standar ITU-T. Namun, ketika dilakukan simulasi dengan jarak transmisi lebih dari 1,5 km terjadi error. Sehingga jarak transmisi terbatas hingga 1,5 km saja pada area 1. Hasil simulasi dapat dilihat pada tabel 4.9 dan gambar 4.6

Tabel 4.9 *Delay* propagasi pada Area 1

	Koneksi node	Jarak transmisi (km)	<i>Delay</i> rata rata (s)
Satu sensor	3 → 4	1.51	0.0597
	4 → 2	1.29	0.027
	2 → 1	1.47	0.038
	1 → 0	1.56	0.087
Dua Sensor	3 → 4	1.51	0.094
	4 → 2	1.29	0.027
	2 → 1	1.47	0.038
	1 → 0	1.56	0.067
Tiga Sensor	3 → 4	1.51	0.094
	4 → 2	1.29	0.027
	2 → 1	1.47	0.0394
	1 → 0	1.56	0.072

Tabel 4.9 Delay propagasi pada Area 1 (lanjutan)

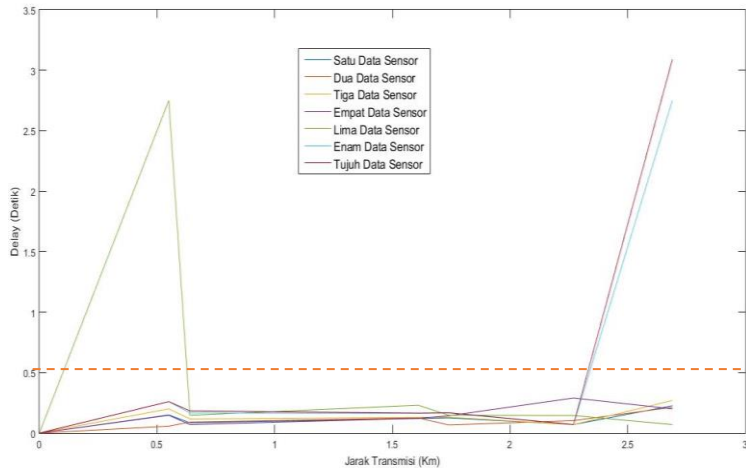
	Koneksi node	Jarak transmisi (km)	Delay rata rata (s)
Empat Sensor	3 → 4	1.51	0.108
	4 → 2	1.29	0.0301
	2 → 1	1.47	0.0426
	1 → 0	1.56	0.082
Lima Sensor	3 → 4	1.51	0.108
	4 → 2	1.29	0.0332
	2 → 1	1.47	0.0471
	1 → 0	1.56	0.092
Enam Sensor	3 → 4	1.51	0.123
	4 → 2	1.29	0.0332
	2 → 1	1.47	0.0507
	1 → 0	1.56	0.104
Tujuh Sensor	3 → 4	1.51	0.123
	4 → 2	1.29	0.034
	2 → 1	1.47	0.0509
	1 → 0	1.56	0.115

**Gambar 4.6** Grafik Propagasi Area 1

Delay pada sistem kooperatif untuk monitoring level bahan bakar pada area 2 terbatas pengiriman data sensor maksimal sebanyak 4 sensor. Hasil simulasi pada area 2 didapatkan bahwa saat mengirim 5 data sensor, delay propagasi maksimal melebihi 500 ms. Hasil simulasi dapat dilihat pada tabel 4.10 dan gambar 4.7.

Tabel 4.10 Delay propagasi pada Area 2

	koneksi node	Jarak transmisi (km)	Delay rata rata (s)
Satu sensor	7 → 10	2.69	0.226
	6 → 8	1.61	0.12
	10 → 11	0.55	0.15
	5 → 8	1.74	0.125
	8 → 9	0.64	0.085
	9 → 0	2.27	0.07
Dua Sensor	7 → 10	2.69	0.213
	6 → 8	1.61	0.125
	10 → 11	0.55	0.057
	5 → 8	1.74	0.067
	8 → 9	0.64	0.091
	9 → 0	2.27	0.103
Tiga Sensor	7 → 10	2.69	0.27
	6 → 8	1.61	0.13
	10 → 11	0.55	0.2
	5 → 8	1.74	0.131
	8 → 9	0.64	0.116
	9 → 0	2.27	0.07
Empat Sensor	7 → 10	2.69	0.29
	6 → 8	1.61	0.147
	10 → 11	0.55	0.2
	5 → 8	1.74	0.143
	8 → 9	0.64	0.122
	9 → 0	2.27	0.07
Lima Sensor	7 → 10	2.69	2.75
	6 → 8	1.61	0.147
	10 → 11	0.55	0.23
	5 → 8	1.74	0.147
	8 → 9	0.64	0.145
	9 → 0	2.27	0.07
Enam Sensor	7 → 10	2.69	2.75
	6 → 8	1.61	0.163
	10 → 11	0.55	0.26
	5 → 8	1.74	0.166
	8 → 9	0.64	0.166
	9 → 0	2.27	0.07
Tujuh Sensor	7 → 10	2.69	3.09
	6 → 8	1.61	0.165
	10 → 11	0.55	0.26
	5 → 8	1.74	0.168
	8 → 9	0.64	0.183
	9 → 0	2.27	0.07



Gambar 4.7 Grafik Propagasi Area 2

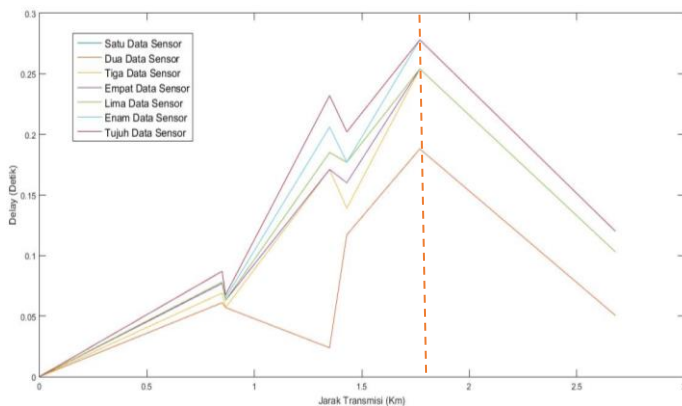
Hasil simulasi pada area 3 didapatkan bahwa delay prooagasi maksimal pada setiap data sensor tidak melebihi 500 ms. Sehingga delay pada sistem kooperatif untuk monitoring level bahan bakar pada area 3 masih diterima bedasarkan standar ITU-T. Namun, ketika dilakukan simulasi dengan jarak transmisi lebih dari 1,75 km terjadi error. Sehingga jarak transmisi terbatas hingga 1,75 km saja pada area 1. Hasil simulasi dapat dilihat pada tabel 4.11 dan gambar 4.8

Tabel 4.11 Delay propagasi pada Area 3 dengan satu data sensor

	koneksi node	Jarak transmisi (km)	Delay rata rata (s)
Satu Sensor	17 → 16	1.77	0.188
	16 → 15	1.43	0.117
	15 → 13	0.866	0.057
	12 → 13	0.85	0.061
	13 → 14	1.35	0.0238
	14 → 0	2.68	0.0505
Dua Sensor	17 → 16	1.77	0.188
	16 → 15	1.43	0.117
	15 → 13	0.866	0.057
	12 → 13	0.85	0.061
	13 → 14	1.35	0.0238
	14 → 0	2.68	0.0505

Tabel 4.11 Delay propagasi pada Area 3 dengan satu data sensor
(lanjutan)

	koneksi node	Jarak transmisi (km)	Delay rata rata (s)
Tiga Sensor	17 → 16	1.77	0.254
	16 → 15	1.43	0.139
	15 → 13	0.866	0.057
	12 → 13	0.85	0.069
	13 → 14	1.35	0.171
	14 → 0	2.68	0.103
Empat Sensor	17 → 16	1.77	0.254
	16 → 15	1.43	0.16
	15 → 13	0.866	0.063
	12 → 13	0.85	0.077
	13 → 14	1.35	0.171
	14 → 0	2.68	0.103
Lima Sensor	17 → 16	1.77	0.254
	16 → 15	1.43	0.177
	15 → 13	0.866	0.063
	12 → 13	0.85	0.078
	13 → 14	1.35	0.185
	14 → 0	2.68	0.103
Enam Sensor	17 → 16	1.77	0.278
	16 → 15	1.43	0.177
	15 → 13	0.866	0.065
	12 → 13	0.85	0.087
	13 → 14	1.35	0.206
	14 → 0	2.68	0.12
Tujuh Sensor	17 → 16	1.77	0.278
	16 → 15	1.43	0.202
	15 → 13	0.866	0.0675
	12 → 13	0.85	0.087
	13 → 14	1.35	0.232
	14 → 0	2.68	0.12



Gambar 4.8 Grafik Propagasi Area 3

4.2.2.3 Delay Proses Pengiriman Melalui Beberapa Relay

Hasil output dari simulasi NS2 berupa *delay* didapatkan bahwa *node* pengirim mengirimkan data melalui beberapa relay. Relai digunakan sebagai penghubung transmisi data ke *node* pusat monitoring. Relai menyebabkan *delay* yang membuat proses pengiriman data secara tidak langsung ke *node* pusat monitoring. Semakin banyak *relay* yang menghubungkan komunikasi data antara *node* pengirim ke *node* pusat monitoring maka semakin besar *delay* yang terjadi.

Hal ini diakibatkan karena proses pengiriman yang melibatkan proses transmisi ke *node relay* terlebih dahulu kemudian data yang diterima pada *node relay* dilakukan decode karena dalam sistem ini menggunakan skema *decode forward* dimana sinyal yang diterima pada *node relay* dilakukan decode kemudian dikirimkan kembali dalam bentuk sinyal yang baru dengan isi pesan yang sama dengan pesan yang dikirimkan oleh *node* pengirim sebelumnya.

Hasil yang didapat berupa *delay* akibat transmisi *node* pengirim melalui beberapa relay dapat dilihat pada tabel 4.12 bahwa terdapat *delay* akibat beberapa relai yang ada dalam sistem komunikasi. Semakin besar saat jumlah relai semakin besar *delay* proses. Dalam hal ini menurut ITU-T untuk transmisi data digital sebesar 500 ms merupakan *delay*

komunikasi antar perangkat dapat diterima. Total *delay* proses pada area satu dan area dua masih memenuhi syarat *delay* proses transmisi. Sedangkan pada area tiga, node yang mengirimkan data dari node 17 ke node pusat monitoring yaitu node nol terdapat *delay* sebesar 0.67 detik. Sehingga *delay* proses transmisi pada area 3 belum memenuhi syarat maksimal *delay*. *Delay* yang lebih besar dari 500 ms ditandai dengan tulisan berwarna merah pada tabel 4.12

Tabel 4.12 *Delay* proses pengiriman data sensor melalui beberapa relay

Area	Koneksi node	Total relay	<i>delay</i> (detik)
1	3 → 4 → 2 → 1 → 0	Satu Sensor	3
		Dua Sensor	3
		Tiga Sensor	3
		Empat Sensor	3
		Lima Sensor	3
		Enam Sensor	3
		Tujuh Sensor	3
2	7 → 10 → 11 → 9 → 0	Satu Sensor	3
		Dua Sensor	3
		Tiga Sensor	3
		Empat Sensor	3
		Lima Sensor	3
		Enam Sensor	3
		Tujuh Sensor	3
	6 → 8 → 9 → 0	Satu Sensor	2
		Dua Sensor	2
		Tiga Sensor	2
		Empat Sensor	2
		Lima Sensor	2
		Enam Sensor	2
		Tujuh Sensor	2
	5 → 8 → 9 → 0	Satu Sensor	2
		Dua Sensor	2
		Tiga Sensor	2
		Empat Sensor	2

Tabel 4.12 Delay proses pengiriman data sensor melalui beberapa relay
(lanjutan)

Area	Koneksi node	Total relay	delay (detik)	Area
2		Lima Sensor	2	0.443
		Enam Sensor	2	0.483
		Tujuh Sensor	2	0.502
3	17 → 16 → 15 → 13 → 14 → 0	Satu Sensor	4	0.4363
		Dua Sensor	4	0.589
		Tiga Sensor	4	0.724
		Empat Sensor	4	0.751
		Lima Sensor	4	0.782
		Enam Sensor	4	0.846
		Tujuh Sensor	4	0.8995
	12 → 13 → 14 → 0	Satu Sensor	2	0.1353
		Dua Sensor	2	0.261
		Tiga Sensor	2	0.343
		Empat Sensor	2	0.351
		Lima Sensor	2	0.366
		Enam Sensor	2	0.413
		Tujuh Sensor	2	0.439

4.2.3 Packet error rate Rate

Packet error rate pada sistem yang disimulasikan selama 1200 detik didapatkan bahwa total paket yang dikirim selama 1200 detik adalah sebanyak 29275 dan paket yang error sebesar 4121 sehingga nilai packet error rate sebesar 0,1408 atau sebesar 14,08% bit data yang gagal diterima oleh perangkat penerima.

BAB V

Penutup

5.1 Kesimpulan

Setelah melakukan percobaan dan simulasi sistem komunikasi kooperatif untuk monitoring level bahan bakar menggunakan interface LoRaWAN, kesimpulan yang diperoleh adalah sebagai berikut:

1. Pada interface LoRaWAN, besar nilai spreading factor yang diatur untuk sistem komunikasi agar dapat transmisi dengan jarak sejauh 3 km yaitu sebesar 12.
2. Pengukuran packet error rate menggunakan perangkat LoRa Dragino dengan *spreading factor* sebesar 12 dan jarak transmisi 3 km didapatkan packet error sebesar 3,2%. Sehingga data yang diterima masih lebih banyak dari data yang hilang.
3. Kinerja sistem kooperatif berdasarkan simulasi *throughput* rata rata seluruh node sebesar 70 kbps lebih besar dari ukuran paket data yang dikirimkan sehingga data dapat dikirimkan sebanyak satu kali pengiriman saja dalam waktu kurang dari 500 ms.
4. Kinerja sistem kooperatif berdasarkan simulasi *delay* menggunakan simulator NS2 pada area 1 masih diterima dengan batas delay maksimal 500 ms dengan pengiriman data sensor sebanyak tujuh.
5. Kinerja sistem kooperatif berdasarkan simulasi *delay* menggunakan simulator NS2 pada area 2 masih diterima dengan batas delay maksimal 500 ms dengan batas pengiriman data sensor sebanyak 4.
6. Kinerja sistem kooperatif berdasarkan simulasi *delay* menggunakan simulator NS2 pada area 3 masih diterima dengan batas delay maksimal 500 ms dengan batas pengiriman data sensor sebanyak 4.
7. Berdasarkan simulasi dengan simulator NS2, *packet error rate* sistem didapatkan sebesar 14,08%

5.2 Saran

Rancangan yang disarankan untuk sistem komunikasi kooperatif untuk monitoring bahan bakar yaitu dengan parameter input berupa tinggi

antena pengirim minimal yaitu 4 meter, tinggi antena penerima minimal 22 meter, daya pancar sebesar 14 dBmW, spreading factor sebesar 12, dengan bandwidth 125 kHz, maksimal node relay yang digunakan dalam sistem komunikasi kooperatif sebanyak 4 node, maksimal jumlah sensor yang digunakan sebanyak 4 sensor dengan bandwidth sebesar 125 kHz.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] K. Ashton, "That 'Internet of Things' Thing," p. 1.
- [2] S. Viswanath *et al.*, "Low-power Wireless Liquid Monitoring System Using Ultrasonic Sensors," vol. 8, no. 1, p. 19, 2015.
- [3] W. Ji and B. Zheng, "Energy efficiency based cooperative communication in wireless sensor networks," 2010, pp. 938–941.
- [4] D. Zappala, "Delay, Loss, and Throughput," p. 28.
- [5] S. A. Jyothi, A. Singla, P. B. Godfrey, and A. Kolla, "Measuring and Understanding Throughput of Network Topologies," *ArXiv14022531 Cs*, Feb. 2014.
- [6] R. Khalili and K. Salamatian, "Evaluation of Packet Error Rate in Wireless Networks," p. 10.
- [7] C.A.Balanis, "Antennas," in *Analysis and Design*, New Jersey, a John Wiley & Sons, INC., Publication 2005, p. 1.
- [8] C.A.Balanis, "Traveling Wave and Broadband Antennas," in *Antenna Theory Analysis and Design*, D. Lacourciere, Ed., New Jersey, John Wiley & Sons, Inc., 2005, pp. 566-570.
- [9] T. S. Rappaport, "Wireless Communications Principles & Practice," in *Wireless Communications Principles & Practice*, Upper Saddle River, Prenticep-Hall, Inc., 2002, pp. 119-120.
- [10] K. J. Ray Liu, "Cooperative Communications and Networking," in *Cooperative Communications and Networking*, Cambridge, Cambridge University Press, 2006, pp. 119 - 121.
- [11] A. K. Hardiani, "Sistem Komunikasi Kooperatif Multiuser Menggunakan Network Coding," p. 6.
- [12] K. J. Ray Liu, "Cooperative Communications and Networking," in *Cooperative Communications and Networking*, Cambridge, Cambridge University Press, 2006, p. 126.
- [13] Aloÿs Augustin¹, "A Study of LoRa: Long Range & Low Power Networks for the Internet of Things," *sensors*, no. 18, pp. 1- 18, 2016.
- [14] LoRa Alliance, Inc., "LoRaWAN™ 1.1 Specification," LoRa Alliance, Inc., Beaverton, 2017.
- [15] LoRa Alliance, Inc., "LoRaWAN 1.1 Regional Parameters 2," LoRa Alliance, Inc., Beaverton, 2017.
- [16] Semtech Corporation, "Semtech Corporation," 2 Mei 2015. [Online]. Available:<https://www.semtech.com/uploads/documents/an1200.22.pdf>. [Accessed 2 Mei 2018].

- [17] B. Reynders and S. Pollin, "Chirp spread spectrum as a modulation technique for long range communication," 2016, pp. 1–5.
- [18] S. P. Brecht Reynders, "Chirp Spread Spectrum as a Modulation Technique for Long Range Communication," Mons, 2016.
- [19] The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc., "Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) specifications," The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc., New York, 2000.
- [20] IBM Corporation, "Coded Character Sets, History and Development," in Coded Character Sets, History and Development, Massachusetts, Addison-Wesley Publishing Company, 1980, pp. 6, 166, 211, 215, 217, 220, 223, 228, 236–238, 243–245, 247–253, 423, 425–428, 435–439.

LAMPIRAN 1

LEMBAR PENGESAHAN PROPOSAL

Departemen Teknik Elektro
Fakultas Teknologi Elektro - ITS

TE 141599 TUGAS AKHIR – 4 SKS

Nama Mahasiswa : Bambang Aria Yudhistira
Nomer Pokok : 07111440000134
Bidang Studi : Teknik Telekomunikasi Multimedia
Tugas Diberikan : Semester Genap 2017/2018
Dosen Pembimbing : 1. Dr. Ir. Endroyono, DEA
2. Ir. Gatot Kusrahardjo, MT.
Judul Tugas Akhir : Penerapan Sistem Kooperatif untuk Monitoring Level Cadangan Bahan Bakar pada Sistem Distribusi Bahan Bakar Cerdas
(Application of Cooperative System for Fuel Reserve Level Monitoring on Intelligent Fuel Distribution System)

09 FEB 2018

Uraian Tugas Akhir :

Internet of Things merupakan konsep dari teknologi yang memungkinkan suatu obyek dapat melakukan pengiriman data dari satu perangkat *server* ke perangkat *server* di tempat lain tanpa adanya campur tangan manusia dalam proses pengiriman data berbasis IP. Hal ini memungkinkan manusia dapat melakukan kegiatan *controlling* dan *monitoring* suatu perangkat dari jarak jauh dengan menggunakan teknologi berbasis IP, termasuk untuk monitoring level bahan bakar di SPBU secara terpusat. Dalam hal ini sistem monitoring secara terpusat membutuhkan sistem komunikasi untuk mengatur lalu lintas paket data. Menggunakan sistem komunikasi *point to point* maupun sistem komunikasi berjaringan. Dalam rencana tugas akhir ini akan dievaluasi sistem komunikasi untuk SPBU berbasis sistem komunikasi kooperatif. Sistem kooperatif dipilih karena kestabilannya dalam hal efisiensi energi serta efisiensi *resource* pada kanal. Evaluasi dilakukan melalui simulator NS2 dimana sistem dijalankan dengan Network node sebanyak 8 node. Parameter yang akan dievaluasi dalam tugas akhir ini adalah *symbol error rate* berdasarkan fungsi jarak, kapasitas kanal dan delay transmisi.

Dosen Pembimbing I,



Dr. Ir. Endroyono, DEA
NIP : 196504041991021001

Mengetahui,
Ketua Program Studi S1



Dedet Candra Riawan, ST., M.Eng., Ph.D.
NIP : 197311192000031001

Dosen Pembimbing II,



Ir. Gatot Kusrahardjo, MT.
NIP : 195904281986011001

Menyetujui,
Kepala Laboratorium Komunikasi
Multimedia



Dr. Ir. Endroyono, DEA
NIP : 196504041991021001

LAMPIRAN 2

LISTING PROGRAM

```
# This script is created by NSG2 beta1
# <http://wushoupong.googlepages.com/nsg>

#=====

#   Simulation parameters setup
#=====

Antenna/OmniAntenna set Gt_ 1           ;#Transmit antenna gain
Antenna/OmniAntenna set Gr_ 1           ;#Receive antenna gain
Phy/WirelessPhy set L_ 0.5              ;#System Loss Factor
Phy/WirelessPhy set freq_ 868e6         ;#channel
Phy/WirelessPhy set bandwidth_ 125 KHz;#Data Rate
Phy/WirelessPhy set Pt_ 0.1             ;#Transmit Power
Phy/WirelessPhy set CPTresh_ 10.0       ;#Collision Threshold
Phy/WirelessPhy set CSTresh_ 5.011872e-12 ;#Carrier Sense Power
Phy/WirelessPhy set RXThresh_ 1.584893192e-18 ;#Receive Power
Threshold
Mac/802_11 set dataRate_ 0.1Mb          ;#Rate for Data Frames
Mac/802_11 set basicRate_ 0.050Mb       ;#Rate for Control Frames

set val(chan) Channel/WirelessChannel ;# channel type
set val(prop) Propagation/TwoRayGround ;# radio-propagation model
```



```

set val(netif) Phy/WirelessPhy      ;# network interface type
set val(mac)   Mac/802_11           ;# MAC type
set val(ifq)   Queue/DropTail/PriQueue ;# interface queue type
set val(ll)    LL                    ;# link layer type
set val(ant)   Antenna/OmniAntenna   ;# antenna model
set val(ifqlen) 50                   ;# max packet in ifq
set val(nn)    18                    ;# number of mobilenodes
set val(rp)    DSDV                  ;# routing protocol
set val(x)     2386                  ;# X dimension of topography
set val(y)     100                   ;# Y dimension of topography
set val(stop)  1200                  ;# time of simulation end

#=====
#   Initialization
#=====

#Create a ns simulator
set ns [new Simulator]

#Setup topography object
set topo [new Topography]
$topo load_flatgrid $val(x) $val(y)
create-god $val(nn)

```

```
#Open the NS trace file
```

```
set tracefile [open real7.tr w]
```

```
$ns trace-all $tracefile
```

```
#Open the NAM trace file
```

```
set namfile [open real7.nam w]
```

```
$ns namtrace-all $namfile
```

```
$ns namtrace-all-wireless $namfile $val(x) $val(y)
```

```
set chan [new $val(chan)];#Create wireless channel
```

```
#=====
```

```
#   Mobile node parameter setup
```

```
#=====
```

```
$ns node-config -adhocRouting $val(rp) \
```

```
    -llType      $val(ll) \
```

```
    -macType     $val(mac) \
```

```
    -ifqType     $val(ifq) \
```

```
    -ifqLen      $val(ifqlen) \
```

```
    -antType     $val(ant) \
```

```
    -propType    $val(prop) \
```

```
    -phyType     $val(netif) \
```

```

-channel    $chan \
-topoInstance $topo \
-agentTrace  ON \
-routerTrace ON \
-macTrace    ON \
-movementTrace ON

```

```
#=====
```

```
#    Nodes Definition
```

```
#=====
```

```
#Create 18 nodes
```

```
set n0 [$ns node]
```

```
$n0 set X_ 1269
```

```
$n0 set Y_ 920
```

```
$n0 set Z_ 0.0
```

```
$ns initial_node_pos $n0 20
```

```
set n1 [$ns node]
```

```
$n1 set X_ 1372
```

```
$n1 set Y_ 1023
```

```
$n1 set Z_ 0.0
```

```
$ns initial_node_pos $n1 20
```

```
set n2 [$ns node]
```

\$n2 set X_ 1285
\$n2 set Y_ 1099
\$n2 set Z_ 0.0
\$ns initial_node_pos \$n2 20
set n3 [\$ns node]
\$n3 set X_ 1281
\$n3 set Y_ 1314
\$n3 set Z_ 0.0
\$ns initial_node_pos \$n3 20
set n4 [\$ns node]
\$n4 set X_ 1161
\$n4 set Y_ 1223
\$n4 set Z_ 0.0
\$ns initial_node_pos \$n4 20
set n5 [\$ns node]
\$n5 set X_ 1028
\$n5 set Y_ 1116
\$n5 set Z_ 0.0
\$ns initial_node_pos \$n5 20
set n6 [\$ns node]
\$n6 set X_ 886
\$n6 set Y_ 973

\$n6 set Z_ 0.0
\$ns initial_node_pos \$n6 20
set n7 [\$ns node]
\$n7 set X_ 786
\$n7 set Y_ 785
\$n7 set Z_ 0.0
\$ns initial_node_pos \$n7 20
set n8 [\$ns node]
\$n8 set X_ 1078
\$n8 set Y_ 968
\$n8 set Z_ 0.0
\$ns initial_node_pos \$n8 20
set n9 [\$ns node]
\$n9 set X_ 1128
\$n9 set Y_ 920
\$n9 set Z_ 0.0
\$ns initial_node_pos \$n9 20
set n10 [\$ns node]
\$n10 set X_ 948
\$n10 set Y_ 874
\$n10 set Z_ 0.0
\$ns initial_node_pos \$n10 20

```
set n11 [$ns node]
$n11 set X_ 1008
$n11 set Y_ 871
$n11 set Z_ 0.0
$ns initial_node_pos $n11 20

set n12 [$ns node]
$n12 set X_ 985
$n12 set Y_ 746
$n12 set Z_ 0.0
$ns initial_node_pos $n12 20

set n13 [$ns node]
$n13 set X_ 1056
$n13 set Y_ 744
$n13 set Z_ 0.0
$ns initial_node_pos $n13 20

set n14 [$ns node]
$n14 set X_ 1175
$n14 set Y_ 739
$n14 set Z_ 0.0
$ns initial_node_pos $n14 20

set n15 [$ns node]
$n15 set X_ 1038
```

```

$n15 set Y_ 639
$n15 set Z_ 0.0
$ns initial_node_pos $n15 20
set n16 [$ns node]
$n16 set X_ 1081
$n16 set Y_ 548
$n16 set Z_ 0.0
$ns initial_node_pos $n16 20
set n17 [$ns node]
$n17 set X_ 1210
$n17 set Y_ 553
$n17 set Z_ 0.0
$ns initial_node_pos $n17 20

#=====
#    Agents Definition
#=====

#Setup a TCP connection
set tcp0 [new Agent/TCP]
$ns attach-agent $n3 $tcp0
set sink1 [new Agent/TCPSink]
$ns attach-agent $n4 $sink1

```

```
$ns connect $tcp0 $sink1
```

```
$tcp0 set packetSize_ 61
```

```
#Setup a TCP connection
```

```
set tcp2 [new Agent/TCP]
```

```
$ns attach-agent $n4 $tcp2
```

```
set sink3 [new Agent/TCPSink]
```

```
$ns attach-agent $n2 $sink3
```

```
$ns connect $tcp2 $sink3
```

```
$tcp2 set packetSize_ 122
```

```
#Setup a TCP connection
```

```
set tcp4 [new Agent/TCP]
```

```
$ns attach-agent $n2 $tcp4
```

```
set sink5 [new Agent/TCPSink]
```

```
$ns attach-agent $n1 $sink5
```

```
$ns connect $tcp4 $sink5
```

```
$tcp4 set packetSize_ 183
```

```
#Setup a TCP connection
```

```
set tcp6 [new Agent/TCP]
```

```
$ns attach-agent $n1 $tcp6
```



```
set sink7 [new Agent/TCPSink]
```

```
$ns attach-agent $n0 $sink7
```

```
$ns connect $tcp6 $sink7
```

```
$tcp6 set packetSize_ 244
```

```
#Setup a TCP connection
```

```
set tcp8 [new Agent/TCP]
```

```
$ns attach-agent $n5 $tcp8
```

```
set sink9 [new Agent/TCPSink]
```

```
$ns attach-agent $n8 $sink9
```

```
$ns connect $tcp8 $sink9
```

```
$tcp8 set packetSize_ 61
```

```
#Setup a TCP connection
```

```
set tcp10 [new Agent/TCP]
```

```
$ns attach-agent $n6 $tcp10
```

```
set sink11 [new Agent/TCPSink]
```

```
$ns attach-agent $n8 $sink11
```

```
$ns connect $tcp10 $sink11
```

```
$tcp10 set packetSize_ 61
```

```
#Setup a TCP connection
```

```
set tcp12 [new Agent/TCP]
$ns attach-agent $n7 $tcp12
set sink13 [new Agent/TCPSink]
$ns attach-agent $n10 $sink13
$ns connect $tcp12 $sink13
$tcp12 set packetSize_ 61
```

#Setup a TCP connection

```
set tcp14 [new Agent/TCP]
$ns attach-agent $n10 $tcp14
set sink15 [new Agent/TCPSink]
$ns attach-agent $n11 $sink15
$ns connect $tcp14 $sink15
$tcp14 set packetSize_ 122
```

#Setup a TCP connection

```
set tcp16 [new Agent/TCP]
$ns attach-agent $n11 $tcp16
set sink17 [new Agent/TCPSink]
$ns attach-agent $n8 $sink17
$ns connect $tcp16 $sink17
$tcp16 set packetSize_ 183
```

```
#Setup a TCP connection
set tcp18 [new Agent/TCP]
$ns attach-agent $n8 $tcp18
set sink19 [new Agent/TCPSink]
$ns attach-agent $n9 $sink19
$ns connect $tcp18 $sink19
$tcp18 set packetSize_ 366
```

```
#Setup a TCP connection
set tcp20 [new Agent/TCP]
$ns attach-agent $n9 $tcp20
set sink21 [new Agent/TCPSink]
$ns attach-agent $n0 $sink21
$ns connect $tcp20 $sink21
$tcp20 set packetSize_ 427
```

```
#Setup a TCP connection
set tcp22 [new Agent/TCP]
$ns attach-agent $n17 $tcp22
set sink25 [new Agent/TCPSink]
$ns attach-agent $n16 $sink25
```

```
$ns connect $tcp22 $sink25
```

```
$tcp22 set packetSize_ 61
```

```
#Setup a TCP connection
```

```
set tcp23 [new Agent/TCP]
```

```
$ns attach-agent $n12 $tcp23
```

```
set sink24 [new Agent/TCPSink]
```

```
$ns attach-agent $n13 $sink24
```

```
$ns connect $tcp23 $sink24
```

```
$tcp23 set packetSize_ 61
```

```
#Setup a TCP connection
```

```
set tcp26 [new Agent/TCP]
```

```
$ns attach-agent $n16 $tcp26
```

```
set sink27 [new Agent/TCPSink]
```

```
$ns attach-agent $n15 $sink27
```

```
$ns connect $tcp26 $sink27
```

```
$tcp26 set packetSize_ 122
```

```
#Setup a TCP connection
```

```
set tcp28 [new Agent/TCP]
```

```
$ns attach-agent $n15 $tcp28
```

```
set sink29 [new Agent/TCPSink]
$ns attach-agent $n13 $sink29
$ns connect $tcp28 $sink29
$tcp28 set packetSize_ 183
```

```
#Setup a TCP connection
set tcp30 [new Agent/TCP]
$ns attach-agent $n13 $tcp30
set sink31 [new Agent/TCPSink]
$ns attach-agent $n14 $sink31
$ns connect $tcp30 $sink31
$tcp30 set packetSize_ 305
```

```
#Setup a TCP connection
set tcp32 [new Agent/TCP]
$ns attach-agent $n14 $tcp32
set sink33 [new Agent/TCPSink]
$ns attach-agent $n0 $sink33
$ns connect $tcp32 $sink33
$tcp32 set packetSize_ 366
```

#=====

Applications Definition

#=====

#Setup a CBR Application over TCP connection

set cbr0 [new Application/Traffic/CBR]

\$cbr0 attach-agent \$tcp0

\$cbr0 set packetSize_ 486

\$cbr0 set rate_ 50Mb

\$cbr0 set random_ null

\$ns at 0.0 "\$cbr0 start"

\$ns at 0.01 "\$cbr0 stop"

#Setup a CBR Application over TCP connection

set cbr1 [new Application/Traffic/CBR]

\$cbr1 attach-agent \$tcp2

\$cbr1 set packetSize_ 972

\$cbr1 set rate_ 50Mb

\$cbr1 set random_

\$ns at 0.01 "\$cbr1 start"

\$ns at 0.02 "\$cbr1 stop"

#Setup a CBR Application over TCP connection

```
set cbr2 [new Application/Traffic/CBR]
```

```
$cbr2 attach-agent $tcp4
```

```
$cbr2 set packetSize_ 1458
```

```
$cbr2 set rate_ 50Mb
```

```
$cbr2 set random_ null
```

```
$ns at 0.02 "$cbr2 start"
```

```
$ns at 0.03 "$cbr2 stop"
```

```
#Setup a CBR Application over TCP connection
```

```
set cbr3 [new Application/Traffic/CBR]
```

```
$cbr3 attach-agent $tcp6
```

```
$cbr3 set packetSize_ 1944
```

```
$cbr3 set rate_ 50Mb
```

```
$cbr3 set random_ null
```

```
$ns at 0.03 "$cbr3 start"
```

```
$ns at 0.04 "$cbr3 stop"
```

```
#Setup a CBR Application over TCP connection
```

```
set cbr4 [new Application/Traffic/CBR]
```

```
$cbr4 attach-agent $tcp8
```

```
$cbr4 set packetSize_ 486
```

```
$cbr4 set rate_ 50Mb
```

\$cbr4 set random_ null

\$ns at 0.0 "\$cbr4 start"

\$ns at 0.01 "\$cbr4 stop"

#Setup a CBR Application over TCP connection

set cbr5 [new Application/Traffic/CBR]

\$cbr5 attach-agent \$tcp10

\$cbr5 set packetSize_ 486

\$cbr5 set rate_ 50Mb

\$cbr5 set random_ null

\$ns at 0.01 "\$cbr5 start"

\$ns at 0.02 "\$cbr5 stop"

#Setup a CBR Application over TCP connection

set cbr6 [new Application/Traffic/CBR]

\$cbr6 attach-agent \$tcp12

\$cbr6 set packetSize_ 486

\$cbr6 set rate_ 50Mb

\$cbr6 set random_ null

\$ns at 0.0 "\$cbr6 start"

\$ns at 0.01 "\$cbr6 stop"

#Setup a CBR Application over TCP connection

set cbr7 [new Application/Traffic/CBR]

\$cbr7 attach-agent \$tcp14

\$cbr7 set packetSize_ 972

\$cbr7 set rate_ 50Mb

\$cbr7 set random_ null

\$ns at 0.01 "\$cbr7 start"

\$ns at 0.02 "\$cbr7 stop"

#Setup a CBR Application over TCP connection

set cbr8 [new Application/Traffic/CBR]

\$cbr8 attach-agent \$tcp16

\$cbr8 set packetSize_ 1458

\$cbr8 set rate_ 50Mb

\$cbr8 set random_ null

\$ns at 0.02 "\$cbr8 start"

\$ns at 0.03 "\$cbr8 stop"

#Setup a CBR Application over TCP connection

set cbr9 [new Application/Traffic/CBR]

\$cbr9 attach-agent \$tcp18

\$cbr9 set packetSize_ 2916

```
$cbr9 set rate_ 50Mb  
$cbr9 set random_ null  
$ns at 0.03 "$cbr9 start"  
$ns at 0.04 "$cbr9 stop"
```

#Setup a CBR Application over TCP connection

```
set cbr10 [new Application/Traffic/CBR]  
$cbr10 attach-agent $tcp20  
$cbr10 set packetSize_ 3402  
$cbr10 set rate_ 50Mb  
$cbr10 set random_ null  
$ns at 0.04 "$cbr10 start"  
$ns at 0.05 "$cbr10 stop"
```

#Setup a CBR Application over TCP connection

```
set cbr11 [new Application/Traffic/CBR]  
$cbr11 attach-agent $tcp22  
$cbr11 set packetSize_ 486  
$cbr11 set rate_ 50Mb  
$cbr11 set random_ null  
$ns at 0.0 "$cbr11 start"  
$ns at 0.01 "$cbr11 stop"
```

```
#Setup a CBR Application over TCP connection
set cbr12 [new Application/Traffic/CBR]
$cbr12 attach-agent $tcp23
$cbr12 set packetSize_ 486
$cbr12 set rate_ 50Mb
$cbr12 set random_ null
$ns at 0.0 "$cbr12 start"
$ns at 0.01 "$cbr12 stop"
```

```
#Setup a CBR Application over TCP connection
set cbr13 [new Application/Traffic/CBR]
$cbr13 attach-agent $tcp26
$cbr13 set packetSize_ 972
$cbr13 set rate_ 50Mb
$cbr13 set random_ null
$ns at 0.01 "$cbr13 start"
$ns at 0.02 "$cbr13 stop"
```

```
#Setup a CBR Application over TCP connection
set cbr14 [new Application/Traffic/CBR]
$cbr14 attach-agent $tcp28
```

\$cbr14 set packetSize_ 1458

\$cbr14 set rate_ 50Mb

\$cbr14 set random_ null

\$ns at 0.02 "\$cbr14 start"

\$ns at 0.03 "\$cbr14 stop"

#Setup a CBR Application over TCP connection

set cbr15 [new Application/Traffic/CBR]

\$cbr15 attach-agent \$tcp30

\$cbr15 set packetSize_ 2430

\$cbr15 set rate_ 50Mb

\$cbr15 set random_ null

\$ns at 0.03 "\$cbr15 start"

\$ns at 0.04 "\$cbr15 stop"

#Setup a CBR Application over TCP connection

set cbr16 [new Application/Traffic/CBR]

\$cbr16 attach-agent \$tcp32

\$cbr16 set packetSize_ 2916

\$cbr16 set rate_ 50Mb

\$cbr16 set random_

\$ns at 0.05 "\$cbr16 start"

```
$ns at 0.06 "$cbr16 stop"
```

```
#=====
```

```
#      Termination
```

```
#=====
```

```
#Define a 'finish' procedure
```

```
proc finish {} {
```

```
    global ns tracefile namfile
```

```
    $ns flush-trace
```

```
    close $tracefile
```

```
    close $namfile
```

```
    exec nam real7.nam &
```

```
    exit 0
```

```
}
```

```
for {set i 0} {$i < $val(nn)} {incr i} {
```

```
    $ns at $val(stop) "\n$i reset"
```

```
}
```

```
$ns at $val(stop) "$ns nam-end-wireless $val(stop)"
```

```
$ns at $val(stop) "finish"
```

```
$ns at $val(stop) "puts \"done\" ; $ns halt"
```

```
$ns run
```

Program Arduino Transmitter

```
#include <SPI.h>

#include <LoRa.h>


const int trigPin = 4;
const int echoPin = 5;
long duration;
int distance;

void setup() {
  pinMode(trigPin, OUTPUT);
  pinMode(echoPin, INPUT);
  Serial.begin(9600);
  while (!Serial);

  Serial.println("LoRa Sender");

  if (!LoRa.begin(868E6)) {
    Serial.println("Starting LoRa failed!");
    while (1);
  }
}
```

```

}

LoRa.setTxPower(17);
PA_OUTPUT_PA_BOOST_PIN;
LoRa.setSpreadingFactor(7);
LoRa.setSignalBandwidth(125E3);
LoRa.setCodingRate4(5);
LoRa.setPreambleLength(8);
LoRa.setSyncWord(0x34);
LoRa.enableCrc();
}

```

```

void loop() {

    digitalWrite(trigPin, LOW);
    delayMicroseconds(2);
    digitalWrite(trigPin, HIGH);
    delayMicroseconds(10);
    duration = pulseIn(echoPin, HIGH);
    distance= duration*0.034/2;
    Serial.print("Distance: ");
    Serial.println(distance);
    // send packet
}

```

```

LoRa.beginPacket();
LoRa.println(distance);
LoRa.endPacket();
delay(1000);
}

```

Arduino Receiver

```

#include <SPI.h>
#include <LoRa.h>

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  while (!Serial);

  Serial.println("LoRa Receiver");

  if (!LoRa.begin(868E6)) {
    Serial.println("Starting LoRa failed!");
    while (1);
  }

  LoRa.setSpreadingFactor(7);
  LoRa.setSignalBandwidth(125E3);

```



```

LoRa.setCodingRate4(5);

LoRa.setPreambleLength(8);

LoRa.setSyncWord(0x34);

LoRa.enableCrc();

}

void loop() {
    // try to parse packet
    int packetSize = LoRa.parsePacket();
    if (packetSize) {
        // received a packet
        Serial.print(" Jarak: ");

        // read packet
        while (LoRa.available()) {
            Serial.print((char)LoRa.read());
        }

        // print RSSI of packet
        Serial.print(" Nilai RSSI: ");
        Serial.println(LoRa.packetRssi());
    }
}

```

```
Serial.print(" Nilai SNR: ");  
Serial.println(LoRa.packetSnr());  
Serial.print(" Ukuran Paket: ");  
Serial.println(packetSize);  
}  
}
```

BIODATA PENULIS



Penulis yang bernama lengkap Bambang Aria Yudhistira lahir pada 2 Januari 1996. Penulis merupakan anak dari pasangan Bapak Ivan Herlambang dan Ibu Ari Fitri Sandini. Penulis lahir di Jakarta, dan kerap tumbuh di Kota Depok. Pendidikan formal penulis dimulai dari SD Pemuda Bangsa Depok yang diselesaikan pada tahun 2008, dilanjutkan ke SMPN 7 Depok yang diselesaikan pada tahun 2011, kemudian ke SMAIT Nurul Fikri

Depok yang diselesaikan pada tahun 2014. Penulis melanjutkan Pendidikan Strata 1 dengan mendaftar ke Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Elektro, Institut Teknologi Sepuluh Nopember dan mulai aktif belajar pada tahun 2014, yang pada waktu itu masih bernama Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, dimana penulis memilih masuk ke bidang studi Telekomunikasi Multimedia.